



Centro Universitário de Brasília - UNICEUB
Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas - FATECS
Curso: Engenharia Civil

VICTOR EDUARDO PEREIRA SAMPAIO

**ELABORAÇÃO DE UM MANUAL REFERENTE A TIPOLOGIA DAS
FISSURAS EM ALVENARIAS COMO FERRAMENTA PARA AUXILIAR
NO DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE
EDIFICAÇÕES COM VALIDAÇÃO POR MEIO DE ESTUDO DE CASO**

Brasília
2019

VICTOR EDUARDO PEREIRA SAMPAIO

**ELABORAÇÃO DE UM MANUAL REFERENTE A TIPOLOGIA DAS
FISSURAS EM ALVENARIAS COMO FERRAMENTA PARA AUXILIAR
NO DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE
EDIFICAÇÕES COM VALIDAÇÃO POR MEIO DE ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Curso apresentado como um dos requisitos para a conclusão do curso de Engenharia Civil do UniCEUB - Centro Universitário de Brasília.

Orientadora: Eng.^a Civil Gabriela de Athayde Duboc Bahia, Msc.

Brasília
2019

VICTOR EDUARDO PEREIRA SAMPAIO

**ELABORAÇÃO DE UM MANUAL REFERENTE A TIPOLOGIA DAS
FISSURAS EM ALVENARIAS COMO FERRAMENTA PARA AUXILIAR
NO DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DE
EDIFICAÇÕES COM VALIDAÇÃO POR MEIO DE ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Curso apresentado como um dos requisitos para a conclusão do curso de Engenharia Civil do UniCEUB - Centro Universitário de Brasília.

Orientadora: Eng.^a Civil Gabriela de Athayde Duboc Bahia, Msc.

Brasília, 05 de fevereiro de 2019.

Banca Examinadora

Eng.^a. Civil: Gabriela de Athayde Duboc Bahia, Msc.
Orientadora

Eng.^o. Civil: Erika Regina Costa Castro, MSc.
Examinador interno

Eng.^o. Civil: Jairo Furtado Nogueira, MSc.
Examinador interno

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus pela conclusão, com vitória, de mais uma etapa na minha vida, sempre com força, foco e fé.

Agradeço também a todos os meus familiares que me apoiaram durante esses cinco anos de graduação. Aos meus pais em especial, pois sempre acreditavam em mim em todos os momentos. A todos os professores que compartilharam seus conhecimentos comigo e com meus amigos de sala de aula.

Sou grato especialmente a professora Gabriela Duboc que foi minha orientadora e aos amigos que me acompanhavam nos estudos das provas do curso, durante vários dias na instituição.

"Primeiro, lembre-se de olhar para as estrelas e não para seus pés. Segundo, nunca desista do trabalho. O trabalho dá a você significado e propósito para a vida. Terceiro, se você tiver a sorte de encontrar o amor, lembre-se que está lá e não o jogue fora."

(Stephen Hawking)

RESUMO

A fissura pode ser definida como uma ruptura no elemento construtivo podendo ser originada por diversas causas e atingir diversas formas. As fissuras correspondem a cerca de 20% das manifestações hoje encontradas e sua evolução, bem como sua tipologia, devem ser acompanhadas e registradas com cautela. Isso porque a fissura pode ser o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura, pode comprometer o desempenho de um elemento da edificação ou sua integridade, além do constrangimento psicológico que gera sobre seus usuários. O presente trabalho tem como objetivo a criação de um manual de fissuras em alvenarias como ferramenta para auxiliar no diagnóstico de manifestações patológicas de edificações, sendo este utilizado em um estudo de caso, realizado em Brasília, para sua validação. Um bom diagnóstico permite que o responsável técnico constate o problema para posteriormente definir a melhoria a ser desenvolvida. O trabalho foi realizado por meio de pesquisas no estado da arte, regulamentos, livros, artigos, monografias e sites da internet para melhor compreensão e exposição do assunto visando à análise das tipologias de fissuras em alvenarias mais recorrentes nas edificações. O manual foi realizado abordando as principais causas de fissuras em alvenarias, englobando as fissuras por movimentações térmicas, sobrecargas, deformabilidade excessiva de estrutura de concreto armado, movimentações higroscópicas, retração, reações químicas e recalques de fundação. Sendo assim, foi realizada uma vistoria nas alvenarias de uma edificação residencial, situada em Brasília, de forma a atestar o manual desenvolvido. Dessa forma, foi observado que a utilização do manual auxiliou no diagnóstico das manifestações patológicas encontradas na vistoria, podendo ainda, amparar o responsável na escolha do método de recuperação dessas áreas.

Palavras chaves: fissuras, blocos, alvenaria, edificação, construção civil

ABSTRACT

The crack can be defined as a rupture without constructive element and can be originated by several causes and have several forms. The fissures correspond to 20% of the manifestations of today and their evolution, as well as their typology, must be accompanied and the pages with caution. This is because the fissure can be the warning of a possible state for the structure, it can compromise the performance of an element of the building or its succession, as well as the psychological embarrassment it generates over its users. The present work aims to create a manual of fissures in alvariations as the tool to assist in the diagnosis of pathological manifestations of deformation, being used in a case study, carried out in Brasilia, for its validation. A good diagnosis allows the person responsible to be a problem to define an improved project. The work was carried out through researches on the state of the art, regulations, books, monographs and internet sites to better understand and expose themes to analyze the typologies of cracks in masonry more recurring in buildings. The manual wased addressing the main causes of alluvial fissures, including cracks due to thermal movements, overloads, excessive deformation of concrete framework, hygroscopic movements, retractions, chemical reactions and foundation rebates. Thus, a survey was carried out in the villages of a residential building, located in Brasilia, in order to demonstrate a manual developed. Thus, it was observed that the use of the manual assisted in the diagnosis of the pathological manifestations in the survey, and the choice of the person responsible for the recovery of the areas could also be performed.

Keywords: fissures, blocks, masonry, edification, civil construction

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Parede de alvenaria com blocos de concreto com função estrutural	22
Figura 2 - Parede de alvenaria com blocos cerâmicos sem função estrutural	23
Figura 3 - Parede de alvenaria com blocos cerâmicos com função estrutural	24
Figura 4 - Parede de alvenaria com tijolos maciços	25
Figura 5 - Trinca vertical: Resistência à tração dos componentes de alvenaria é igual ou inferior à resistência da argamassa.....	25
Figura 6 - Trinca diferencial: Resistência à tração dos componentes de alvenaria é superior à resistência da argamassa.....	26
<i>Figura 7 - Extensômetro mecânico.....</i>	<i>28</i>
Figura 8 - Alongâmetro.....	29
Figura 9 - Fissurômetro	29
Figura 10 - Propagação das tensões numa laje	30
Figura 11 - Fissura típica horizontal no topo da alvenaria paralela ao comprimento da laje.....	31
Figura 12 - Fissura típica horizontal no topo da alvenaria causada pela dilatação da laje.....	31
Figura 13 - Fissura típica diagonal no topo da alvenaria causada pela dilatação da laje.....	32
Figura 14 - Fissura típica diagonal no canto da alvenaria causada pela dilatação da laje.....	32
Figura 15 - Fissura diagonal no topo da alvenaria causada pela dilatação da laje associada a fissura horizontal	32
Figura 16 - Fissura vertical na alvenaria causada pela dilatação da laje	33
Figura 17 - Fissura vertical na alvenaria causada pela dilatação da laje superior	33
Figura 18 - Destacamento de revestimento externo.....	34
Figura 19 - Fissuras diagonais devido a não utilização de verga e contraverga nas aberturas	35
Figura 20 - Fissura devido a não utilização de contraverga na abertura.....	35
Figura 21 - Fissuras verticais na alvenaria causada pela atuação de sobrecargas ..	36
Figura 22 - Fissuras horizontais na alvenaria causada pela atuação de sobrecargas	37

Figura 23 - Configuração de fissura quando o elemento de apoio se deforma mais que o elemento superior.....	38
Figura 24 - Configuração de fissura quando o elemento de apoio se deforma menos que o elemento superior.....	38
Figura 25 - Configuração de fissura quando o elemento de apoio e o elemento superior se deformam igualmente	39
Figura 26 - Configurações diversas de fissuras em alvenaria com aberturas	39
Figura 27 - Fissura vertical no terço médio da alvenaria, causada por movimentações higroscópicas de tijolos de solo-cimento	40
Figura 28 - Fissura horizontal devido à expansão dos blocos de alvenaria	41
Figura 29 - Fissura devido à expansão dos elementos estruturais	41
Figura 30 - Fissura devido à expansão dos blocos e da argamassa.....	42
Figura 31 - Fissura horizontal devido a expansão dos blocos e da argamassa na base das paredes.....	42
Figura 32 - Fissura decorrente a retração plástica em laje de concreto	44
Figura 33 - Fissura decorrente a retração térmica em bloco de fundação	44
Figura 34 - Fissura vertical em muro de alvenaria, causada por retração.....	45
Figura 35 - Fissura vertical nas extremidades da alvenaria, causada por retração...	46
Figura 36 - Fissura pé de galinha ocorre devido a retração do revestimento.....	47
Figura 37 - Fissura causada por ataque de sulfatos	48
Figura 38 - Fissura causada por hidratação retardada de cales	49
Figura 39 - Fissuras causada por movimentações diferenciais.....	50
Figura 40 - Fissuras causada por carregamentos desbalanceados	50
Figura 41 - Fissuras causada por recalque devido à falta de homogeneidade do solo	51
Figura 42 - Fissuras causada por recalque devido rebaixamento do lençol freático .	51
Figura 43 - Fissuras causada por recalque devido à influência de edificações vizinhas	51
Figura 44 - Fissuras em peitoris causada por flexão negativa	52
Figura 45 - Fissuras causada por recalque da base	52
Figura 46 - Fluxograma	53
Figura 47 - Localização da edificação em estudo	62
Figura 48 - Fachada da edificação	62
Figura 49 - Trinca na alvenaria da garagem	63

Figura 50 - Deslocamento dos azulejos	64
Figura 51 - Fissura em abertura de janela	64
Figura 52 - Fissura ao lado da junta de dilatação.....	65
Figura 53 - Fissura em abertura	65
Figura 54 - Fissura em alvenaria.....	66
Figura 55 - Fissura próxima a esquadria	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Percentual das causas dos problemas patológicos de estrutura de concreto.....	17
Tabela 2 - Quadro de espessura.....	27
Tabela 3- Movimentação térmica	55
Tabela 4-Sobrecargas.....	56
Tabela 5 - Deformabilidade excessiva de estrutura de concreto armado.....	57
Tabela 6 - Movimentações hidrosférica	58
Tabela 7 - Retração.....	59
Tabela 8 - Reação química	60
Tabela 9 - Recalque	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	14
1.1.1	Objetivo geral	14
1.1.2	Objetivos específicos	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1	Conceito de Manifestações Patológicas em Edificações.....	15
2.2	Causas das Manifestações Patológicas	16
2.3.1	Planejamento e Projeto	17
2.3.2	Materiais	19
2.3.3	Execução	20
2.3.4	Uso	20
2.4	Alvenarias.....	21
2.5	Componentes das Alvenarias	21
2.5.1	Bloco de concreto	22
2.5.2	Bloco cerâmico de vedação	23
2.5.3	Bloco cerâmico estrutural	23
2.5.4	Bloco maciço cerâmico.....	24
2.6	Fissuras	25
2.7	Classificação das Fissuras	26
2.8	Monitoramento das Fissuras	27
2.9	Causas das Fissuras em Alvenarias	29
2.9.1	Fissuras causadas por movimentações térmicas	29
2.9.1.1	Fissuras horizontais causadas por variação térmica das lajes ...	30
2.9.1.2	Fissuras diagonais causadas por variação térmica da laje de cobertura.....	31
2.9.1.3	Fissuras verticais causadas por variação térmica	33

2.9.2	Fissuras causadas por atuação de sobrecargas	34
2.9.2.1	Fissuras em abertura causadas pela atuação de sobrecargas	34
2.9.2.2	Fissuras verticais causadas pela atuação de sobrecargas	36
2.9.2.3	Fissuras horizontais causadas pela atuação de sobrecargas	36
2.9.3	Fissuras causadas por deformabilidade excessiva de estrutura de concreto armado	37
2.9.4	Fissuras causadas por movimentações higroscópicas	39
2.9.4.1	Fissuras causadas por expansão	40
2.9.5	Fissuras causadas por retração	43
2.9.5.1	Fissuras verticais na alvenaria causadas por retração	45
2.9.5.2	Fissuras causadas por retração em revestimento	46
2.9.6	Fissuras causadas por reações químicas	47
2.9.6.1	Fissuras causadas pela reação do cimento com sulfatos	47
2.9.6.2	Fissuras causadas pela hidratação retardada de cales	48
2.9.7	Fissuras causadas por recalques de fundação	49
3	METODOLOGIA	53
4	RESULTADOS	55
4.1	Movimentação Térmica	55
4.2	Sobrecargas	56
4.3	Deformabilidade Excessiva de Estrutura de Concreto Armado	57
4.4	Movimentações Higroscópicas	58
4.5	Retração	59
4.6	Reações Químicas	60
4.7	Recalques de Fundação	60
5	ESTUDO DE CASO	62
5.1	Características do Local de Estudo	62
5.2	Apresentação e Análise dos Resultados	63

5.2.1	Garagem	63
5.2.2	Térreo	63
5.2.3	1º Pavimento	64
5.2.4	2º Pavimento	66
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
6.1	Conclusão	68
6.2	Sugestões para pesquisas futuras	68
7	REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

Recentemente tem se discutido acerca da patologia na construção civil. Isso se deve a alguns detalhes ou erros de projetos serem negligenciados por parte do executor ou projetista de uma edificação. Essa negligencia pode corroborar com o aparecimento de manifestações patológicas que afetam diretamente a vida útil da edificação. Entre os diversos tipos de manifestações patológicas existentes temos a fissuração como recorrente.

As fissuras apresentam-se como uma via de acesso para as demais manifestações patológicas como a infiltração, a eflorescência e a corrosão da armadura, por exemplo.

Em consequência disso, vê-se a necessidade de uma análise consistente que descreva os sintomas da estrutura, além de informar qual a sua origem e o motivo pelo qual a manifestação patológica surgiu, ou seja, apresente o diagnóstico adequado dos danos patológicos.

Entende-se por fissuração uma manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo o dano de ocorrência mais comum e aquele que, a par das deformações acentuadas, mais chama a atenção dos leigos, proprietários e usuários para o fato de que algo de anormal está a acontecer (SOUZA E RIPPER,1998).

Neste sentido, tendo em vista a necessidade de se identificar de forma correta a origem da fissura, sua tipologia e diagnosticar a patologia, este trabalho visa a elaboração de um manual referente a identificação da tipologia das fissuras em alvenaria.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Elaborar um manual sobre a tipologia das fissuras em alvenarias para auxiliar na identificação e diagnóstico de manifestações patológicas.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Estudar as tipologias de fissuras recorrentes em alvenarias e suas possíveis causas de aparecimento;
- Entender a importância da realização de um bom diagnóstico para a recuperação de estruturas;
- Realizar um estudo de caso em uma edificação residencial para validação do manual elaborado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Conceito de Manifestações Patológicas em Edificações

A engenharia civil está continuamente em evolução desde que o homem decidiu construir edificações para adequar às suas necessidades e a demanda do crescimento populacional (SOUZA E RIPPER,1998).

O crescimento populacional fez com que houvesse também o crescimento da construção civil, originando parâmetros limitados por regulamentos e normas. Sobretudo, houve a necessidade dos estudos e análise dos erros que acontecem ou já aconteceram (SOUZA E RIPPER,1998).

Dessa forma, observa-se que os erros acontecem devido a falhas involuntárias, negligência e casos de imperícia que atuam diretamente no desempenho da edificação e na sua vida útil (SOUZA E RIPPER,1998).

Entende-se como patologia o estudo dos danos ou defeitos que podem determinar um desempenho inadequado de um elemento estrutural, de um conjunto de elementos ou de toda a edificação. Sabendo que para um dano existem diversas causas responsáveis. Os danos podem ser de pequena magnitude, que nem chegam a causar efeitos imediatos de recuperação, ou podem ser o oposto afetando diretamente a estrutura, que pode vir a colapsar (HELENE,1988).

Já a NBR 15575 (ABNT, 2013) conceitua patologia como a não conformidade que se manifesta devido a falhas no projeto, na execução, na instalação, na montagem, no uso ou na manutenção, assim como, problemas que aconteçam devido ao envelhecimento da estrutura.

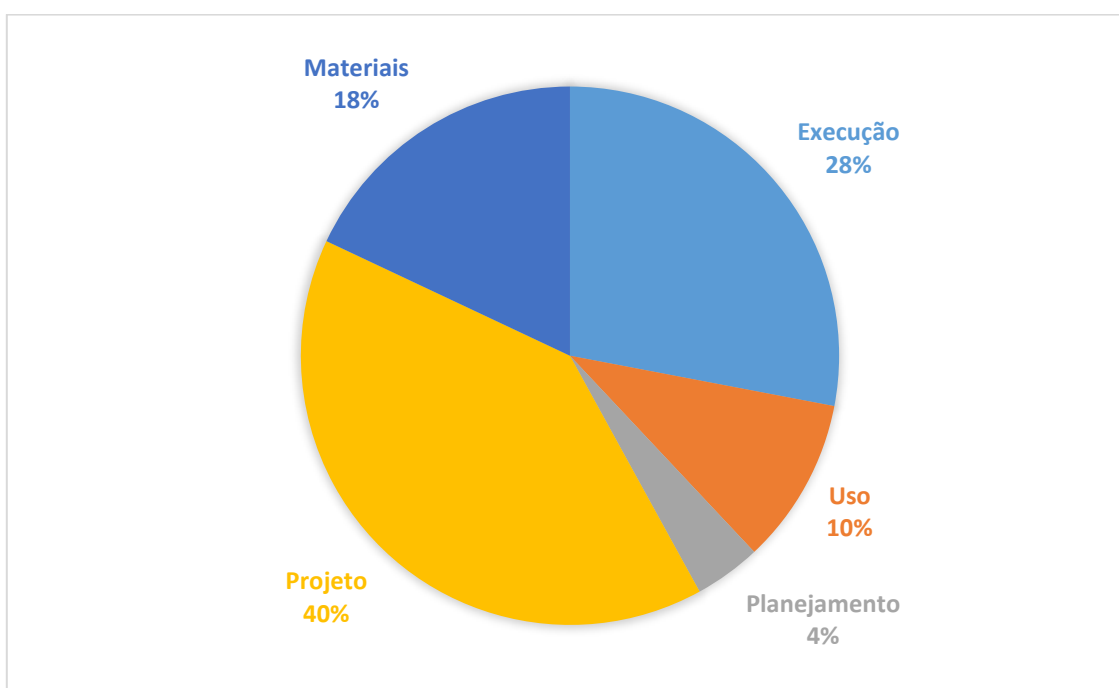
Sabe-se que estes são os fatores que se juntam a outros como a não verificação dos materiais a serem utilizados e a busca do custo mais baixo. As falhas que foram geradas devido a esses erros têm como consequência problemas patológicos (SOUZA E RIPPER,1998).

2.2 Causas das Manifestações Patológicas

O procedimento de construção e utilização da edificação é dividido em planejamento, projeto, materiais utilizados, execução e uso, que é a etapa com maior incidência de sintomas patológicos. Cabe ressaltar, que as manifestações patológicas surgem somente após o início da execução da obra.

Diferentes tipos de agentes são os responsáveis pelas manifestações patológicas como, por exemplo, cargas, variação da umidade, variações térmicas intrínsecas e extrínsecas do concreto, agentes biológicos, materiais inadequados, atmosfera e outros. O Gráfico 1 mostra a origem das manifestações patológicas em relação as fases da construção civil.

Gráfico 1 – Origem das manifestações patológicas em relação às etapas de produção e uso das obras segundo Grunau (1981) apud Helene (1992)



Fonte: Helene (1992, p. 22) adaptado pelo autor

Observa-se no Gráfico 1 que a maior parte das manifestações patológicas se origina na etapa de projetos, seguido da execução, uso, materiais e por último planejamento.

Vale ressaltar que a fase de projeto e o próprio planejamento são de extrema importância em relação às demais, pelo fato de que caso ocorram falhas

nessas duas etapas haverá sérios problemas na etapa de execução da obra (HELENE,1992).

É notório que muitas falhas podem se originar no decorrer da construção da edificação. Falhas que podem se originar do lançamento da própria estrutura, ou seja, em seu estudo preliminar ou na criação do projeto de execução. Desse modo, a maioria dos erros técnicos faz com que o custo da edificação a ser construída encareça, como por exemplo, um erro no lançamento da estrutura pode apresentar um problema complexo e oneroso (SOUZA E RIPPER, 1998).

Confirma-se, por meio da Tabela 1, que a maior parte das manifestações patológicas ocorre devido a problemas nas etapas de concepção e projeto seguido da execução, uso e materiais.

Tabela 1-Percentual das causas dos problemas patológicos de estrutura de concreto.

CAUSAS DOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

FONTE DE PESQUISA	Concepção e Projeto	Materiais	Execução	Utilização e Outras
Edward Grunau Paulo Helene (1992)	44	18	28	10
D. E., Allen (Canadá) -1979	55	49		
C.S.T.C. (Bélgica) Verçoza (1991)	46	15	22	17
C.E.B. Boletim 157 (1982)	50	40		10
Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Alvares Penteado Verçoza (1991)	18	6	52	24
B.R.E.A.S. (Reino Unido) (1972)	58	12	35	11
Bureau Securitas -1972	88			12
E.N.R. (U.S.A.) (1068 -1078)	9	6	75	10
S.I.A. (Suíça) (1979)	46		44	10
Iov Kaminetzky (1991)	51	40		16
Jean Blevot (França) (1974)	35		65	
L.E.M.I.T. (Venezuela) (1965-1975)	19	5	57	19

Fonte: Helene (1992, p. 19) Adaptado pelo autor

2.3.1 Planejamento e Projeto

A NBR 6118 (ABNT, 2014) estabelece critérios que devem ser observados e seguidos no desenvolvimento de projetos. A referida norma

determina requisitos de qualidade da estrutura, os quais são divididos em três grupos diferentes, sendo eles: a capacidade resistente, o desempenho em serviço e a durabilidade.

Capacidade resistente consiste na segurança à ruptura, isso significa dizer que no projeto deve estar descrita todas as ações que atuam sobre a estrutura desde a execução até as de utilização (ABNT NBR 6118:2014).

O desempenho em serviço é definido como a competência da estrutura de se manter em boas condições de uso durante toda sua vida útil, sendo assim, não pode conter danos que comprometam totalmente ou em parte seu uso previamente proposto no projeto (ABNT NBR 6118:2014).

Já a durabilidade é conceituada como a capacidade da estrutura de receber influências ambientais, ou seja, agentes agressivos externos previstos e definidos pelo projetista e contratante durante a elaboração do projeto (ABNT NBR 6118:2014).

Para definir os agentes agressivos a NBR 6118 (ABNT, 2014) classifica a agressividade do ambiente em relação a ações físicas e químicas que atuam sobre a estrutura de concreto e a divide em quatro classes, conforme a sua localização e características, fazendo limitações ao fator água cimento, por exemplo. Além disso, por meio da classe de agressividade podemos definir as medidas dos cobrimentos para as armaduras nas estruturas de concreto.

O projeto estrutural deve indicar o procedimento de manutenção, conforme estabelecido pela NBR 6118 (ABNT, 2014), que diz em seu item 7.8, inspeção e manutenção preventiva, que todo projeto estrutural deve levar em conta as estratégias que facilitem a inspeção e manutenção preventiva da estrutura de concreto.

Estudos feitos pelos pesquisadores comprovam que as falhas e/ou deficiência dos projetos são causas responsáveis por grande parte dos problemas patológicos existentes. Helene (1992) diz que quarenta e quatro por cento das causas das manifestações patológicas existentes se dão por conta de erros no planejamento e projeto.

Para Cremonini (1988) deve existir um programa que busque a redução ou total abatimento dos problemas patológicos nas etapas do processo construtivo, assim como a criação de um sistema de qualidade para cada uma delas.

2.3.2 Materiais

Para Lersch (2003) as irregularidades encontradas nos materiais no processo de construção podem ser relacionadas a defeitos de origem ou a própria atuação de agentes de degradação. As irregularidades de origem são aquelas naturais que comprometem o agregado fazendo surgir fissuras devidas ao seu processo de conformação.

Os materiais da estrutura de concreto devem atender às especificações descritas no projeto e os requisitos de qualidade descritos em norma. Deve-se observar a qualidades de todos os materiais empregados. O concreto, por exemplo, depende de uma dosagem adequada de cada material da sua composição, tornando assim indispensável o seu controle em obra (IBRACON, 2011).

Já os agregados, em sua grande parte, são obtidos por meio da extração direta de fontes naturais ou da obtenção decorrente dos processos de fragmentação artificiais existentes. As diferenças encontradas nos agregados agem diretamente nas propriedades dos concretos, o que pode gerar problemas (IBRACON, 2011).

A água que é empregada na confecção de concreto não pode ter substância que possam prejudicar o seu desempenho ao longo do tempo de sua vida útil. O desempenho do concreto também se deve ao uso adequado da água e assim dos níveis aceitáveis de cada substância presente nela, como: cloretos, sulfatos, matéria orgânica, álcalis e o pH da água (IBRACON, 2011).

O aço utilizado nas armaduras das estruturas de concreto também deve ter suas propriedades controladas quanto a sua resistência mecânica, ductilidade, tolerâncias de variação de bitola (IBRACON, 2011).

2.3.3 Execução

A NBR 14931 (ABNT, 2004) determina os requisitos gerais para a execução de estrutura de concreto. Esta norma também define a execução de todas as atividades desenvolvidas na construção, sendo elas: utilização de fôrmas, armaduras, concretagem, curas e outras.

Souza e Ripper (1998) diz que a fase de execução da construção civil tem que ser iniciada logo após o fim da etapa de concepção e planejamento, que abrange todos os estudos prévios que devem ser feitos. Nesta etapa é necessário um acompanhamento efetivo para manter o bom andamento da construção.

As manifestações patológicas podem aparecer devido a alguns erros que acontecem nessa etapa como a falta de prumo, de esquadro, de alinhamento de sistemas estruturais e da alvenaria, diferença de níveis de pisos, falta de caimento em áreas molhadas, execução de argamassas e flechas excessivas (SOUZA E RIPPER,1998).

Esses erros se devem a causas diversas podendo ser pela não capacitação profissional da mão-de-obra, a não existência de um controle de qualidade de execução, a qualidade inferior dos materiais utilizados e até mesmo a irresponsabilidade do técnico responsável (SOUZA E RIPPER,1998).

2.3.4 Uso

A etapa de uso se inicia com o fim da execução e com a entrega da edificação para o usuário ficando para ele a responsabilidade de cuidar para que sejam mantidas as características das estruturas durante a sua vida útil (IBRACON, 2011).

O usuário sendo o maior interessado na edificação pode também ser o agente de deterioração causando problemas patológicos gerados pela má utilização, por esse motivo os usuários devem ser informados sobre as possibilidades e limitações da edificação (SOUZA E RIPPER,1998).

A criação de um manual de uso e manutenção é o ideal, pois se torna uma ótima ferramenta de defesa, para o comprador da edificação, assim como, para

o responsável técnico (CBIC, 2013). O manual de Operação, Uso e Manutenção de Edificações deve obedecer aos requisitos da referência normativa da NBR 14.037/2011.

2.4 Alvenarias

Para Sabbatini (1984), alvenaria é um componente complexo, constituído por tijolos ou blocos unidos por juntas de argamassas, assim formando um conjunto rígido e coeso.

Segundo Moliterno (1995), alvenaria nada mais é que o agrupamento de materiais naturais, artificiais ou rígidos (pedras), ligados com a utilização de argamassa. Dessa forma, as alvenarias desobrigam o uso de madeira ou aço em sua construção. Além disso explica que existem tipos de blocos que podem ser executados por meio de encaixes entre si.

As paredes de alvenarias são capazes de exercer funções estruturais ou simplesmente de vedação (SABBATINI, 1998). Para Moliterno (1995) as paredes que possuem função estrutural são chamadas de paredes de alvenarias estruturais ou resistentes, já as paredes que não possuem essa característica são chamadas de paredes de alvenaria de vedação ou não resistentes.

A vedação de ambientes de uma edificação é a principal função das paredes de alvenarias, observado o controle das ações de agentes patológicos, criando assim ambientes internos após a construção das paredes. Além disso, possui a necessidade de realizar verificações quanto a sua utilização, segurança e durabilidade (MASSETTO; SABBATINI, 1998).

Para Massetto e Sabbatini (1998), o homem com o passar do tempo foi adequando suas técnicas construtivas para as construções e, atualmente, busca o estudo técnico de métodos construtivos para melhorar cada vez mais os componentes de uma edificação.

2.5 Componentes das Alvenarias

Os componentes utilizados na construção da alvenaria são os blocos ou tijolos. Esses componentes são elementos de geometria regular que podem ser manuseados (SABBATINI, 1998). Os processos construtivos de cada um dos

materiais empregados na execução de uma parede de alvenaria são determinantes para se possa verificar a qualidade da própria alvenaria (KAZMIERCZAK, 1989).

As propriedades dos blocos de uma alvenaria variam de um bloco para o outro. Isso ocorre devido ao processo de fabricação que acaba gerando desvios nos resultados dos blocos, mas que são verificados para validar a utilização. Os blocos ou tijolos possuem uma resistência à compressão maior que à tração.

Para este trabalho foi estudado alguns componentes da alvenaria como: blocos de concreto, blocos cerâmicos de vedação, blocos cerâmicos estruturais e blocos cerâmicos maciços.

2.5.1 Bloco de concreto

É um bloco composto por cimentos Portland, água e agregados, pode-se fazer adições e aditivos, mas que não prejudique as suas características como a de resistência à compressão característica, que é de no mínimo 4,5 MPa. Este tipo de material pode ser utilizado para desempenhar duas funções: a de vedação de um ambiente e estrutural, neste último caso deve ser previamente calculada e dimensionada de acordo com as normas estabelecidas (ABNT NBR 6136:1994). A Figura 1 mostra um exemplo de parede de alvenaria estrutural utilizando bloco de concreto.

Figura 1 - Parede de alvenaria com blocos de concreto com função estrutural



Fonte: <https://fotos.habitissimo.com.br/foto/construcao-alvenaria-estrutural_1513098>

2.5.2 Bloco cerâmico de vedação

É o componente da alvenaria de vedação que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm. Este tipo de bloco é produzido especificamente para ser usado com furos na horizontal. Constituem as alvenarias internas ou externas e não possuem função estrutural (ABNT NBR 15270-1:2005). A resistência à compressão dos blocos cerâmicos corresponde a 1.5 MPa para blocos usados com furos na horizontal e 3.0 MPa para blocos usados com furos na vertical. A Figura 2 mostra uma parede de alvenaria com blocos cerâmicos de vedação.

Figura 2 - Parede de alvenaria com blocos cerâmicos sem função estrutural

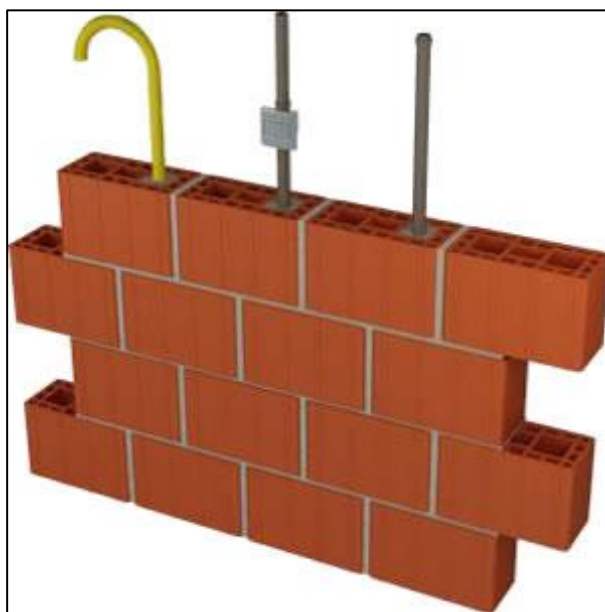


Fonte: < <https://www.ufrgs.br/eso/content/?p=453> >

2.5.3 Bloco cerâmico estrutural

Este tipo de bloco é produzido especificamente para ser usado com furos na vertical, constituem as alvenarias estruturais com paredes vazadas, não armada, armada e protendida. O bloco cerâmico deve ser fabricado por conformação plástica de matéria-prima argilosa, queimado em alta temperatura. Obrigatoriamente deve conter a identificação do fabricante e do tipo de bloco e em sua comercialização utiliza-se a unidade milheiro (ABNT NBR 15270-1:2005). A Figura 3 mostra uma parede de alvenaria com blocos cerâmicos estruturais.

Figura 3 - Parede de alvenaria com blocos cerâmicos com função estrutural



Fonte: <<http://www.ceramicaroque.com.br/web/produto/alvenaria-estrutural/informacoes-tecnicas>>

2.5.4 Bloco maciço cerâmico

É aquele tijolo que possui todas as faces plenas de um determinado material, podendo apresentar rebaixos ou riscos em suas faces de maior área. O tijolo é fabricado com argila e queimado à uma temperatura que atribui condições adequada de uso. Além disso, é dividido em três categorias A, B e C, que de acordo com a NBR 6460 (1983) deve ter sua resistência à compressão mínima igual a 1.5, 2.5, 4.0, respectivamente. Deve sempre ser observado por parte dos compradores a questão visual, pois o produto não pode apresentar defeitos como trincas, quebras, superfícies irregulares ou até mesmo diferença de coloração (ABNT NBR 7170:1983). A Figura 4 mostra uma parede de alvenaria com blocos maciços.

Figura 4 - Parede de alvenaria com tijolos maciços



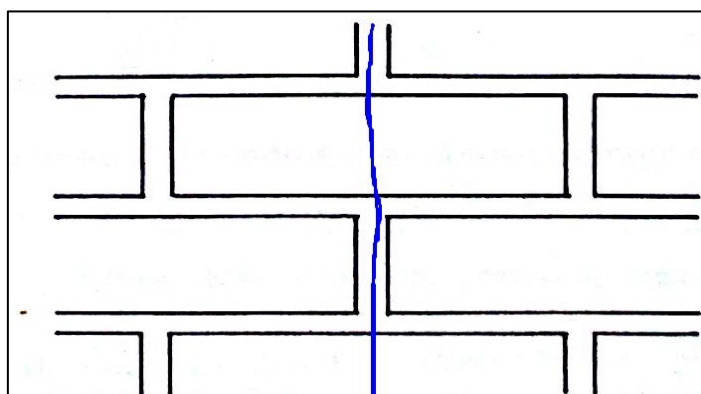
Fonte: <<http://ceramicabarrense.com.br/produtos/macico-m24/>>

2.6 Fissuras

As fissuras são manifestações patológicas que podem surgir nas edificações em geral. O surgimento de fissuras pode ser um aviso de algum perigo estrutural (THOMAZ, 1989).

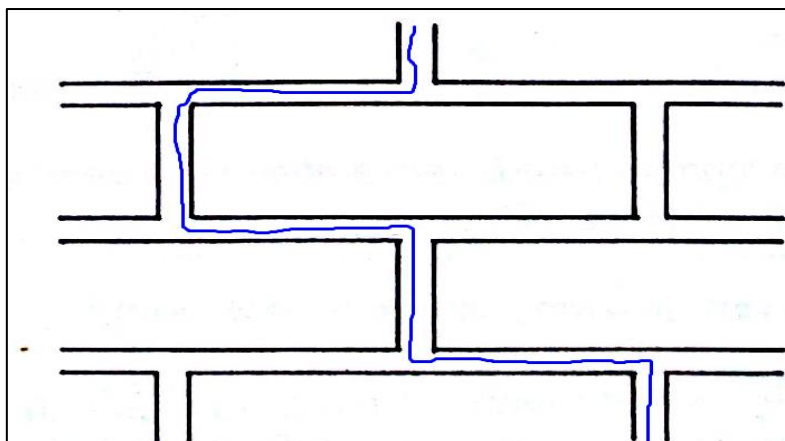
Devido à resistência à tração da argamassa de assentamento e dos próprios componentes das alvenarias, as fissuras podem seguir as juntas de argamassa ou podem atravessar o elemento em questão (THOMAZ, 1989). As Figuras 5 e 6 mostram como seriam essas configurações de fissuras.

Figura 5 - Trinca vertical: Resistência à tração dos componentes de alvenaria é igual ou inferior à resistência da argamassa



Fonte: Thomaz 1989 (Adaptado pelo autor).

Figura 6 - Trinca diferencial: Resistência à tração dos componentes de alvenaria é superior à resistência da argamassa



Fonte: Thomaz 1989 (Adaptado pelo autor).

2.7 Classificação das Fissuras

Segundo Duarte (1998), as fissuras são causadas por tensões de tração, que conforme as condições de contorno podem acabar se tornando visíveis antes de se atingir aproximadamente 50% da carga última de compressão. A vibração que a edificação pode vir a sofrer devido a movimentação de máquinas e veículos em suas proximidades também é um dos fatores de surgimento.

De acordo com Ambrósio (2004) deve-se executar a correta classificação de uma fissura, quanto a sua origem, suas dimensões e a gravidade, isso para que possa ser escolhido e executado o tratamento correto para determinada fissura.

As fissuras em paredes de alvenarias podem ser classificadas de acordo com a sua espessura e sua atividade:

Espessura: Geralmente as rupturas são causadas pelas tensões sofridas e as tensões específicas dos materiais que compõem determinado elemento de uma edificação. As rupturas são divididas em cinco tipos de anomalia como fissura, trinca, rachadura, fenda e brecha. Essa divisão se dá por meio da espessura da ruptura como mostra a Tabela 2 (OLIVEIRA, 2012).

Tabela 2 - Quadro de espessura

Anomalias	Aberturas (mm)
Fissura	até 0,5
Trinca	de 0,5 a 1,5
Rachadura	de 1,5 a 5,0
Fenda	de 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Fonte: Oliveira 2012 (Adaptado pelo autor).

Atividade: quanto a atividade as fissuras podem ser classificadas em ativas e inativas ou passivas.

Fissuras ativas são aquelas que se encontram ainda em processo de aumento de sua espessura, isso ocorre porque o elemento em questão ainda está sobre a influência de cargas superiores à sua resistência mecânica. Isso pode ter como causa a variação de temperatura que causa a dilatação e contração nos componentes do elemento (THOMAZ, 1989).

As fissuras inativas ou passivas são aquelas que, ao contrário da anterior, não está mais em movimentação, ou seja, encontra-se estabilizada e tanto sua espessura quanto o seu comprimento permanecerão os mesmos ao longo do tempo (THOMAZ, 1989).

2.8 Monitoramento das Fissuras

Segundo Lança (2014), deve sempre ser executado um planejamento para que possa realizada a fiscalização, o controle e o monitoramento das fissuras. Esses procedimentos são úteis para verificar o risco, realizando uma análise criteriosa, de uma fissura para a edificação.

Após as análises de espessura e atividade das fissuras são identificados os tipos de tratamentos para as fissuras. As fissuras inativas ou passivas devem receber tratamento de selagem rígida caso tenha ocorrido devido à corrosão do aço. As fissuras ativas são consideradas juntas de movimentação pelo fato de não ter cessado seu deslocamento. Para se ter um melhor controle de abertura

das fissuras existem os fissurômetros ou outros tipos de medidores de fissuras (LANÇA, 2014).

Existem alguns aparelhos que são chamados de medidores de fissuras, de acordo com Lança (2014) e Lottermann (2013), existem o extensômetro, o alongâmetro e o fissurômetro.

Extensômetro mede a deformação de um determinado corpo, por meio da avaliação de sua movimentação. Podem ser encontrados vários modelos desse equipamento: o acústico, hidráulico, pneumático, mecânico e elétrico. O modelo mais utilizado na construção civil é o mecânico como mostra a Figura 7.

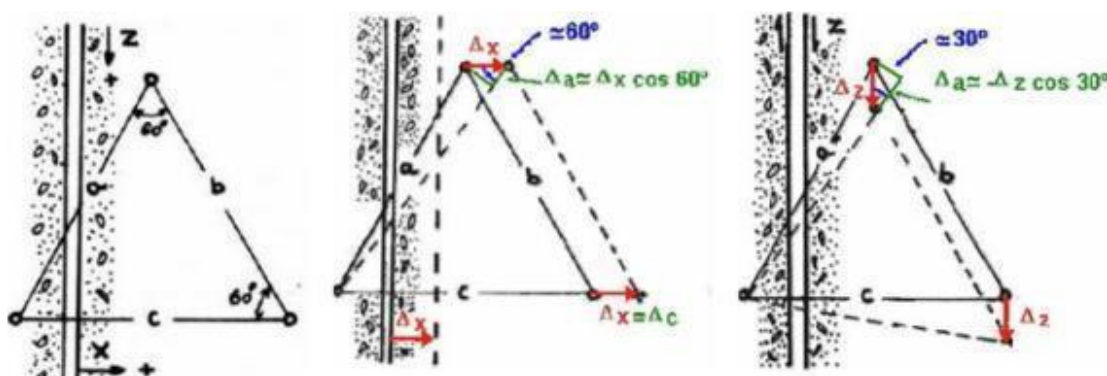
Figura 7 - Extensômetro mecânico



Fonte: Lança (2014)

Alongâmetro mede a deformação por meio de 3 pequenas barras de aço instaladas em um determinado elemento da edificação. Este equipamento é utilizado para caracterizar as fissuras como ativa ou inativa. A Figura apresenta uma ilustração desse equipamento.

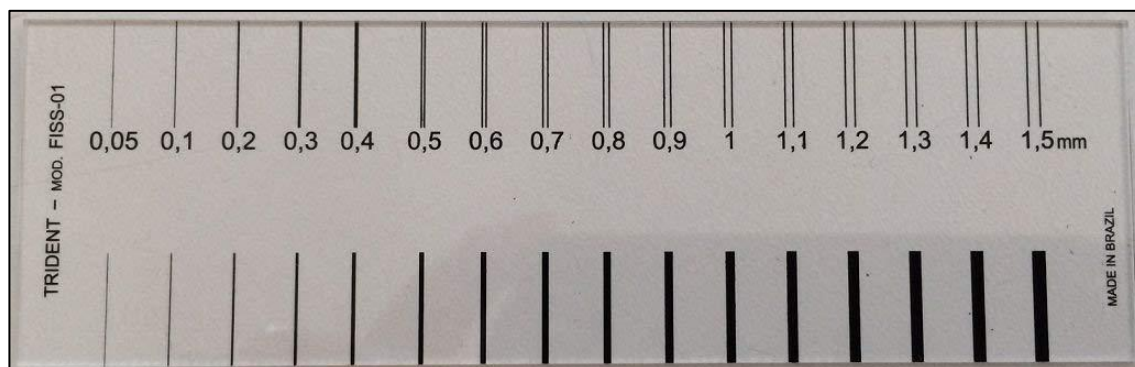
Figura 8 - Alongômetro



Fonte: Lança (2014)

Fissurômetro é um equipamento que mede a abertura de uma fissura de forma rápida, com a simples aproximação do equipamento no elemento fissurado. A Figura 9 apresenta o referido equipamento.

Figura 9 - Fissurômetro



Fonte: Lottermann (2013)

2.9 Causas das Fissuras em Alvenarias

Atualmente, os técnicos responsáveis por identificar uma causa provável para o aparecimento de fissuras utilizam a análise da configuração típica e da dimensão de uma fissura. São diversas as causas de fissuras em alvenaria, por esse motivo foram selecionadas as causas mais frequentes de fissuras para a elaboração do manual de fissuras em alvenarias.

2.9.1 Fissuras causadas por movimentações térmicas

A maioria dos materiais utilizados na construção civil possuem propriedades que estão sujeitas às movimentações térmicas, sendo dilatação

para o aumento de temperatura e contração para a diminuição da temperatura. Devido a esses fatores são geradas tensões nesses materiais que podem provocar fissuras (VALLE, 2008).

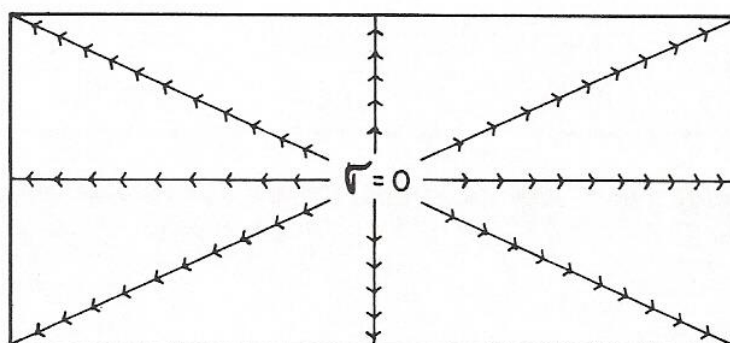
As movimentações térmicas são maiores nos materiais mais expostos, como paredes externas e coberturas. Em uma edificação residencial, por exemplo, a fonte de alteração de temperatura é o sol, porém a variação vai depender da intensidade da radiação solar, da capacidade da superfície em absorver radiação solar e da capacidade de condução de calor do material. Depende também das propriedades dos materiais separadamente que se referem ao calor específico, massa específica aparente e coeficiente de condutibilidade térmica (THOMAZ, 1989).

2.9.1.1 Fissuras horizontais causadas por variação térmica das lajes

A cobertura de uma edificação é o elemento mais exposto às variações de temperatura em comparação aos elementos verticais da edificação. Por esse motivo pode ocorrer uma diferença de variação de temperatura que dependendo das tensões geradas pode corroborar com o aparecimento de fissuras horizontais. O coeficiente de dilatação térmica do concreto é aproximadamente duas vezes maior que o das alvenarias (VALLE, 2008).

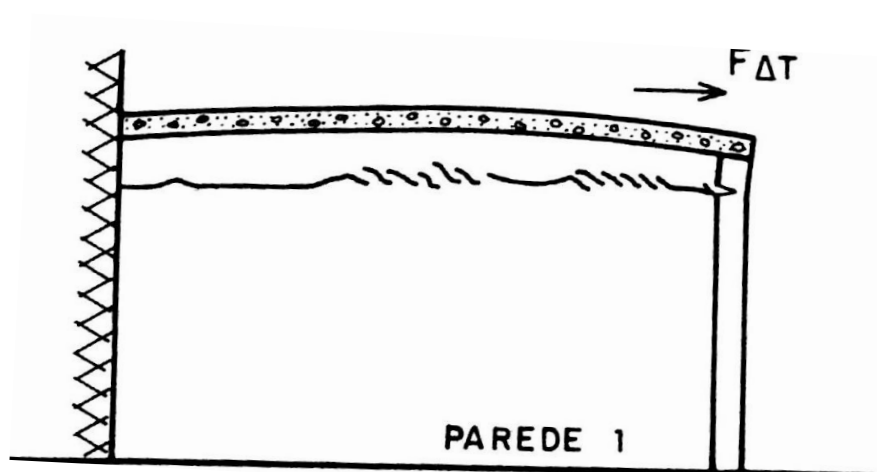
Além disso, deve ser considerada as tensões geradas pelos elementos verticais nas lajes como as paredes de sustentação por exemplo. A Figura 10 mostra o desenvolvimento das tensões nas lajes e as figuras 11 e 12 a formação das fissuras em alvenarias (VALLE, 2008).

Figura 10 - Propagação das tensões numa laje



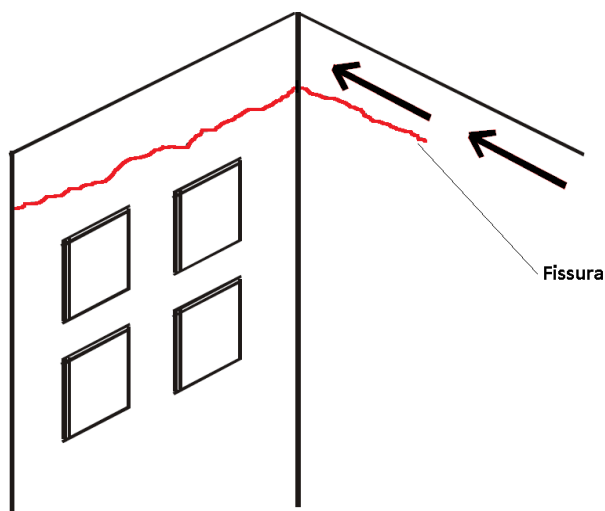
Fonte: Valle (2008)

Figura 11 - Fissura típica horizontal no topo da alvenaria paralela ao comprimento da laje



Fonte: Thomaz (1989)

Figura 12 - Fissura típica horizontal no topo da alvenaria causada pela dilatação da laje



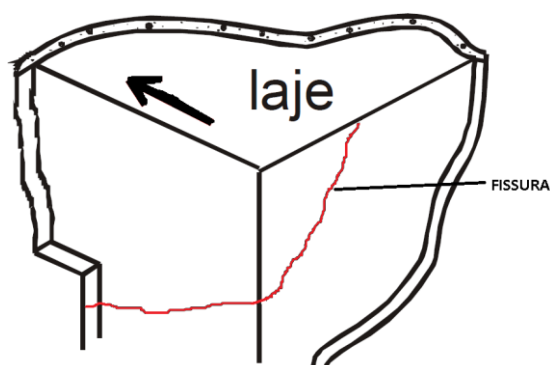
Fonte: <<http://fernandesgrossi.com.br/principais-erros-encontrados-em-fachadas/>>

2.9.1.2 Fissuras diagonais causadas por variação térmica da laje de cobertura

Como já foi exposto nos itens anteriores as lajes de cobertura se movimentam devido as suas variações de temperaturas e esse movimento gera tensões nas paredes de alvenarias da edificação. Essas fissuras diagonais ou transversais aparecem nas paredes de alvenarias que tenham orientação perpendicular ao sentido da movimentação que veio a ocorrer. As Figuras 14, 15 e 16 exemplificam o tipo de fissura.

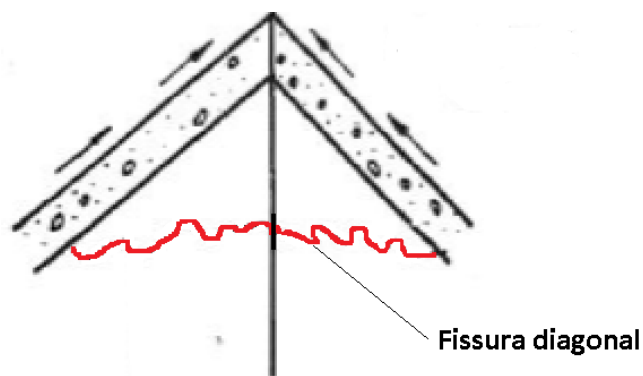
Uma característica visível desse tipo de fissura é a sua angulação que é aproximadamente 45° de inclinação e pode se associar as outras fissuras.

Figura 13 - Fissura típica diagonal no topo da alvenaria causada pela dilatação da laje



Fonte: Silva (2013) adaptado pelo autor

Figura 14 - Fissura típica diagonal no canto da alvenaria causada pela dilatação da laje



Fonte: Duarte (1998)

Figura 15 - Fissura diagonal no topo da alvenaria causada pela dilatação da laje associada a fissura horizontal

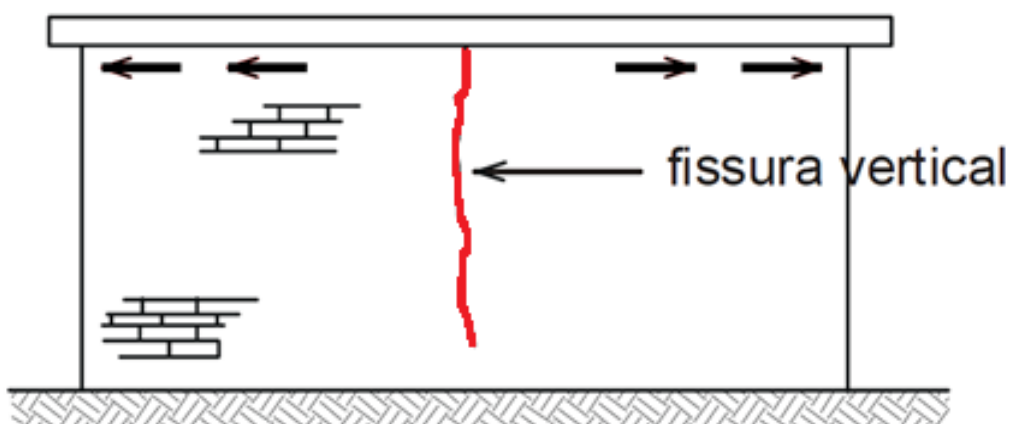


Fonte: <<http://aptosnaplanta.info>>

2.9.1.3 Fissuras verticais causadas por variação térmica

A variação térmica da laje gera tensões horizontais de tração na alvenaria, fazendo com que fissure verticalmente a parede. Devido a tensão de tração ser maior no encontro da laje com a parede, a fissura possui uma maior abertura no ponto de ligação da parede com a laje. Sua configuração típica é apresentada nas Figuras 17 e 18.

Figura 16 - Fissura vertical na alvenaria causada pela dilatação da laje



Fonte: Duarte (1998) adaptado pelo autor

Figura 17 - Fissura vertical na alvenaria causada pela dilatação da laje superior



Fonte: <<https://forumdacasa.com/discussion/37282/fissuras-em-paredes-de-imovel-recuperado/>>

2.9.2 Fissuras causadas por atuação de sobrecargas

Segundo Thomaz (1989, p 63), “podem surgir em trechos contínuos de alvenarias solicitadas por sobrecargas linearmente distribuídas duas configurações de fissuras, as verticais e as horizontais”.

As sobrecargas, se elevadas, podem produzir grandes flechas nas vigas que acabam transmitindo cargas de compressão para as alvenarias fazendo com que ocorra a fissuração.

Outros tipos de manifestações podem ocorrer, no caso de alvenaria com blocos cerâmicos estruturais. Dependendo de como são dispostos os furos do bloco, a deformação da argamassa pode gerar o rompimento por tração dos blocos e assim ocasionar o destacamento de revestimento externo dos blocos como mostra a Figura 19.

Figura 18 - Destacamento de revestimento externo



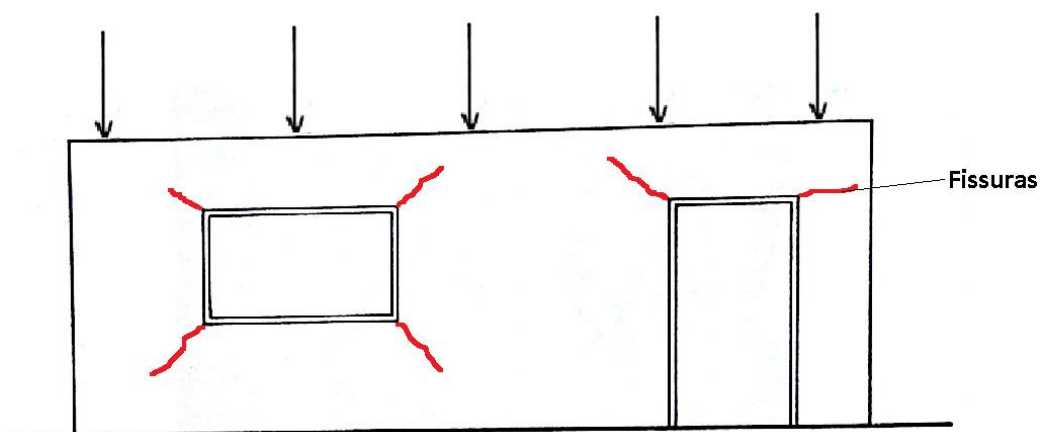
Fonte: <https://fotos.habitissimo.com.br/foto/outra-regiao-com-destacamentos-ceramicos_927953>

2.9.2.1 Fissuras em abertura causadas pela atuação de sobrecargas

As fissuras, por sua vez, podem se manifestar de diversas maneiras e com diversas configurações. Isso ocorre porque existem diversos fatores que corroboram para o surgimento delas, como: dimensões da alvenaria, dimensões

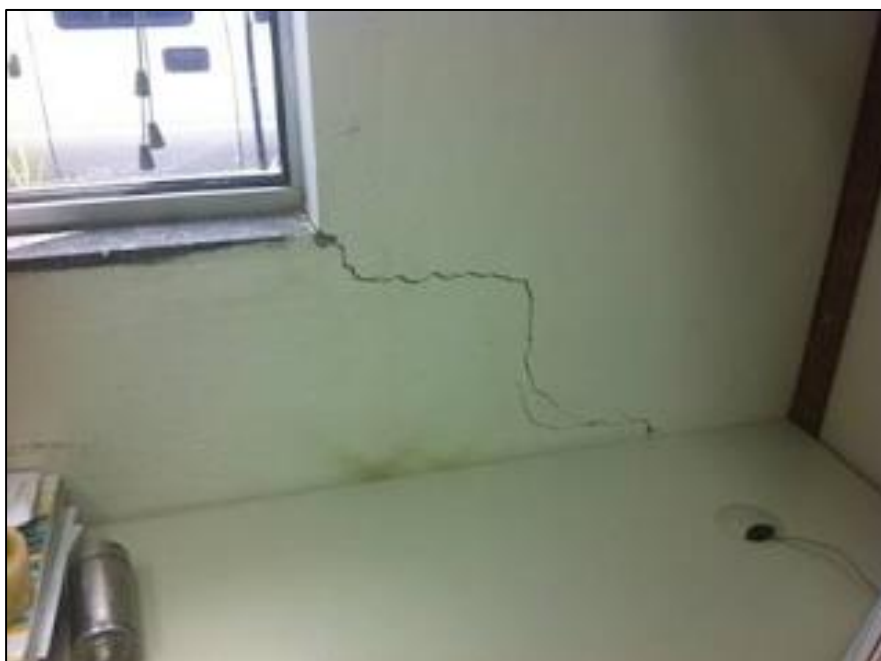
das aberturas, localização que a abertura ocupa na alvenaria, o não dimensionamento correto e não utilização de vergas e contravergas. Caso não ocorra a devida adequação do projeto de alvenaria, o surgimento de fissuras desse tipo é inevitável e a edificação terá problemas patológicos que podem vir a ocorrer por meio dessa fissura (THOMAZ, 1989). A sua configuração é apresentada nas Figura 20 e 21.

Figura 19 - Fissuras diagonais devido a não utilização de verga e contraverga nas aberturas



Fonte: Silva (2013) adaptado pelo autor

Figura 20 - Fissura devido a não utilização de contraverga na abertura

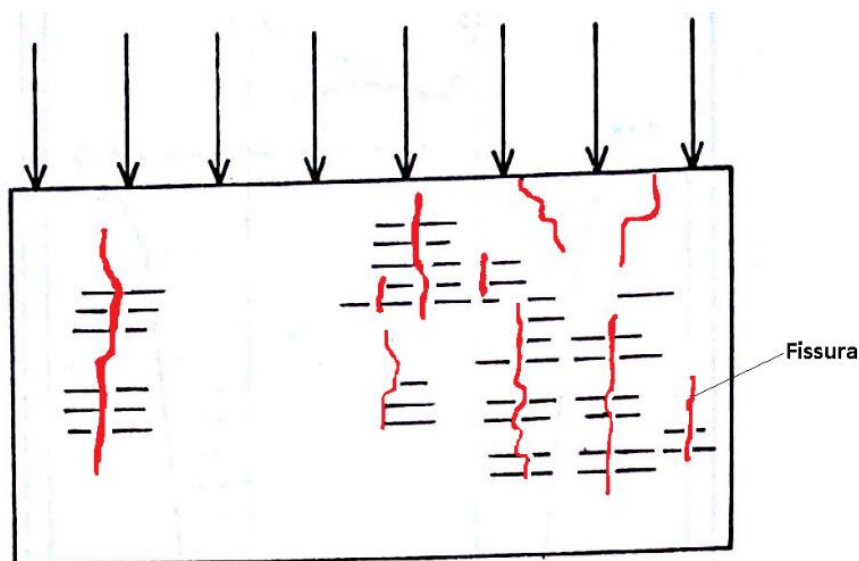


Fonte: <<http://a5engenharia.blogspot.com/2013/08/teste.html>>

2.9.2.2 Fissuras verticais causadas pela atuação de sobrecargas

As fissuras verticais são aquelas que possuem maior incidência na construção civil, se formam pela deformação transversal da argamassa devido a ação das tensões de compressão, ou até mesmo a flexão local dos elementos da alvenaria (ver Figura 22). Portanto, verificasse que ao sofrer compressão a argamassa transmite cargas laterais de tração para os blocos gerando assim as fissuras verticais.

Figura 21 - Fissuras verticais na alvenaria causada pela atuação de sobrecargas

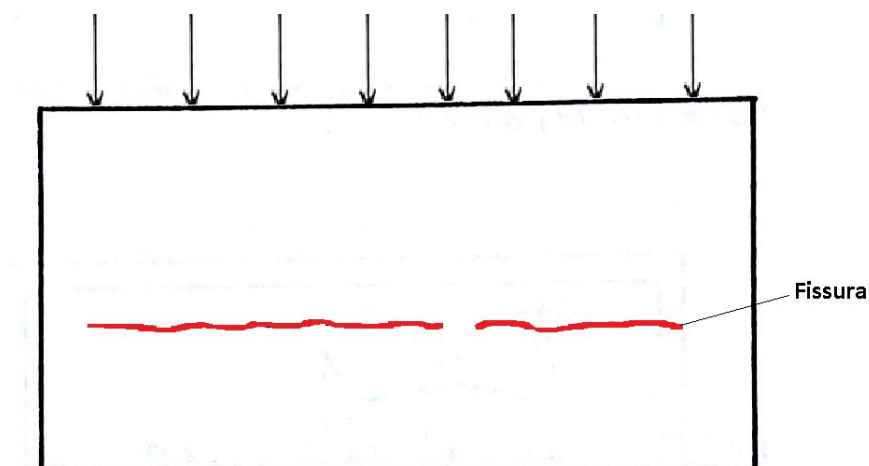


Fonte: Thomaz (1989) adaptado pelo autor

2.9.2.3 Fissuras horizontais causadas pela atuação de sobrecargas

As fissuras horizontais ocorrem com a ruptura dos elementos da alvenaria ou na argamassa de assentamento devido a carga de compressão, podendo surgir também por causa das cargas geradas com a flexão da parede. A sua configuração é apresentada na Figura 23.

Figura 22 - Fissuras horizontais na alvenaria causada pela atuação de sobrecargas



Fonte: Thomaz (1989) adaptado pelo autor

2.9.3 Fissuras causadas por deformabilidade excessiva de estrutura de concreto armado

Com o grande avanço tecnológico dos últimos anos houve a produção de cimento e de aço com uma melhor qualidade a serem empregados na construção civil.

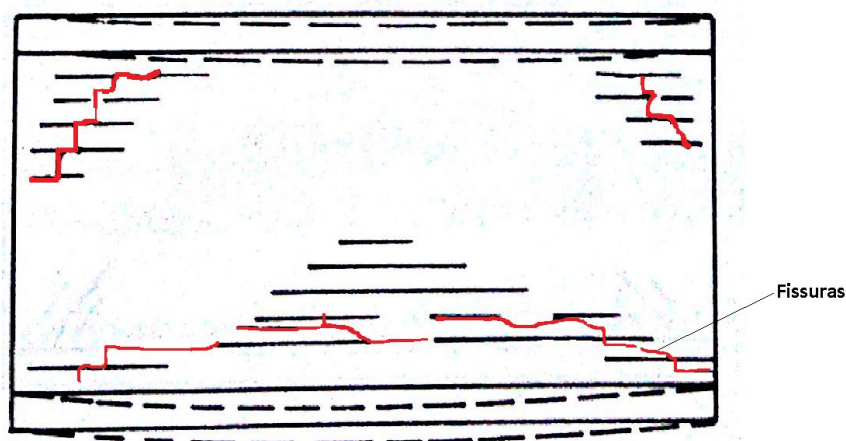
As vigas e as lajes já se deformam pelo fato de estar sob ação das cargas permanentes e cargas acidentais. De acordo com a norma brasileira para execução de obras de concreto armado NBR 6118 (2014) são estipuladas flechas que podem ser atingidas quando esses elementos são fletidos e essas flechas devem ser dimensionadas de forma a não comprometer em nada a estrutura da edificação.

Por outro lado, a flecha dimensionada, mesmo que não ofereça risco a estrutura, pode ser incompatível com a alvenaria de vedação ou com outros elementos de uma edificação e acaba gerando fissuras causadas por essa incompatibilidade encontrada. Existem dois métodos de cálculo para as flechas, o método de Rousseff e o método de Jager. (SOUZA E RIPPER,1998).

Vigas e lajes são os elementos estruturais que são mais passíveis à flexão e acabam, como dito anteriormente, gerando cargas nas alvenarias de vedação. Para esse tipo de causa, quando não tem aberturas, existem três tipos de configurações de fissura, tais como: quando o elemento de apoio se deforma

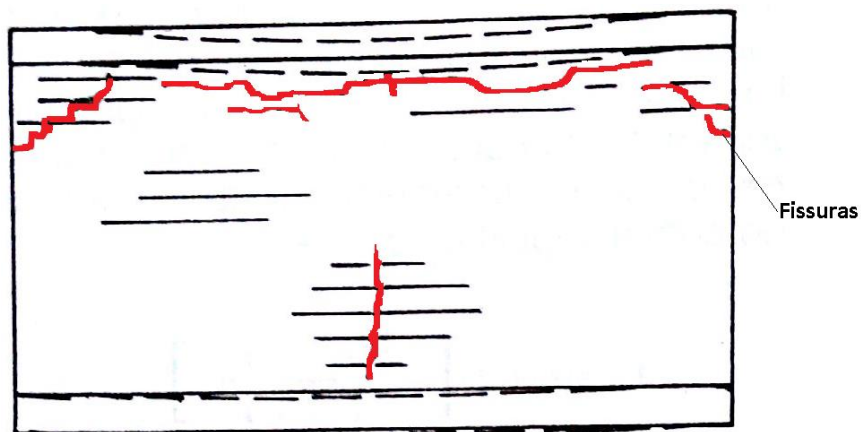
mais que o elemento superior (Figura 24), quando o elemento de apoio se deforma menos que o elemento superior (Figura 25) e quando o elemento de apoio possui deformação igual ao elemento superior (Figura 26) (THOMAZ, 1989).

Figura 23 - Configuração de fissura quando o elemento de apoio se deforma mais que o elemento superior



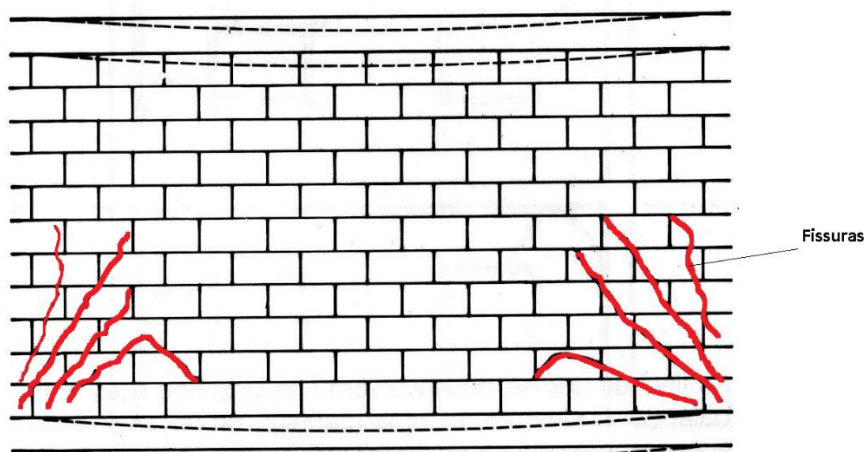
Fonte: Thomaz (1989) adaptado pelo autor

Figura 24 - Configuração de fissura quando o elemento de apoio se deforma menos que o elemento superior



Fonte: Thomaz (1989) adaptado pelo autor

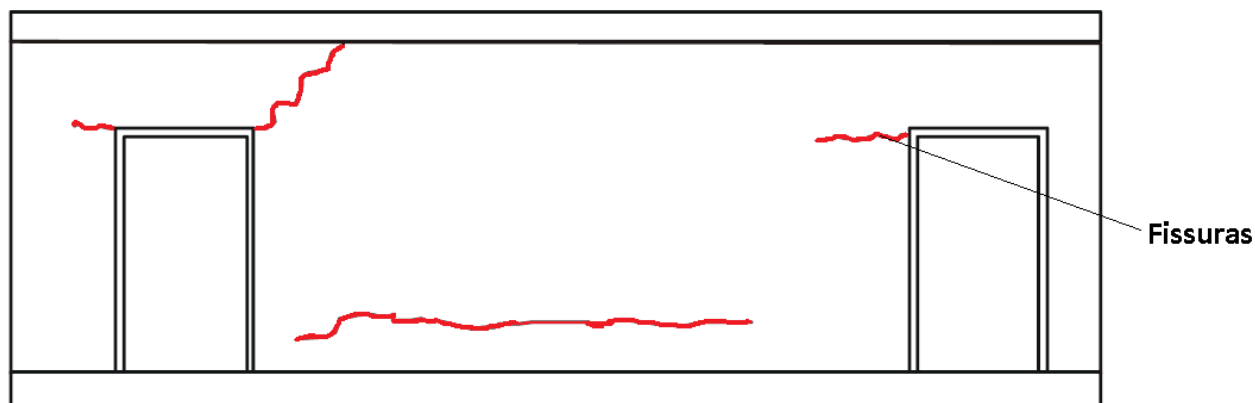
Figura 25 - Configuração de fissura quando o elemento de apoio e o elemento superior se deformam igualmente



Fonte: Usuda (2004) adaptado pelo autor

Já nas alvenarias que possuem algum tipo de abertura as fissuras podem ter diversas configurações, Como mostra a Figura 27. A configuração depende da extensão da parede, da intensidade da flexão, do tamanho e posição das aberturas (THOMAZ, 1989).

Figura 26 - Configurações diversas de fissuras em alvenaria com aberturas



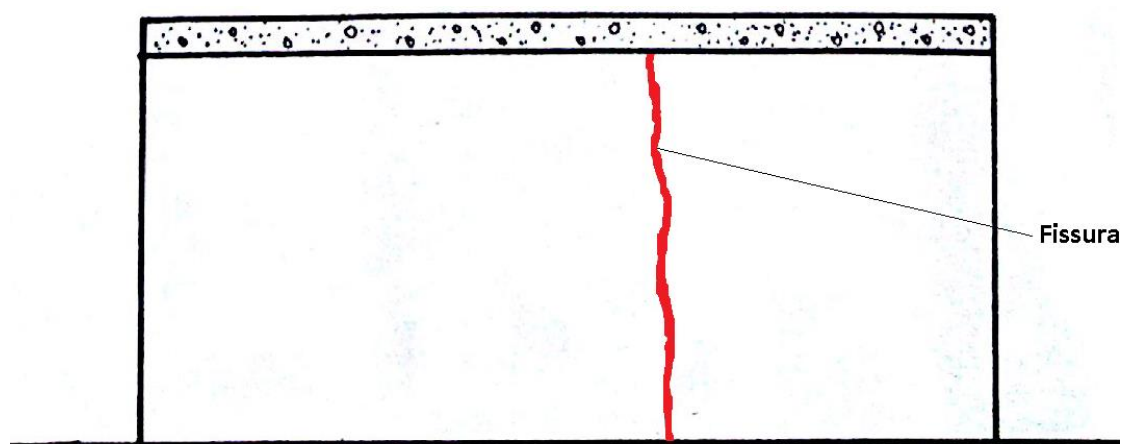
Fonte: Silva (2013) adaptado pelo autor

2.9.4 Fissuras causadas por movimentações higroscópicas

Higroscopia é a propriedade que certos materiais possuem de absorver água, seja por reações químicas ou reações físicas. Os materiais higroscópicos são usados na construção civil, isso porque eles têm a capacidade de absorver a umidade fazendo com que não ocorra a evaporação pelos poros. Esses materiais são responsáveis pelas eflorescências e Criptoeflorescências, que são manifestações patológicas (LERSCH, 2003).

Como já foi explicado em itens anteriores, as fissuras são as portas de entradas para a umidade, porém existem outros meios de entrada da umidade, como: A própria produção dos elementos (blocos), a construção da edificação, os fenômenos meteorológicos e a umidade do solo. Já para os cimentos a movimentação está diretamente ligada à qualidade do material assim como a dos agregados (THOMAZ, 1989). A Figura 28 mostra a configuração dessa fissura.

Figura 27 - Fissura vertical no terço médio da alvenaria, causada por movimentações higroscópicas de tijolos de solo-cimento

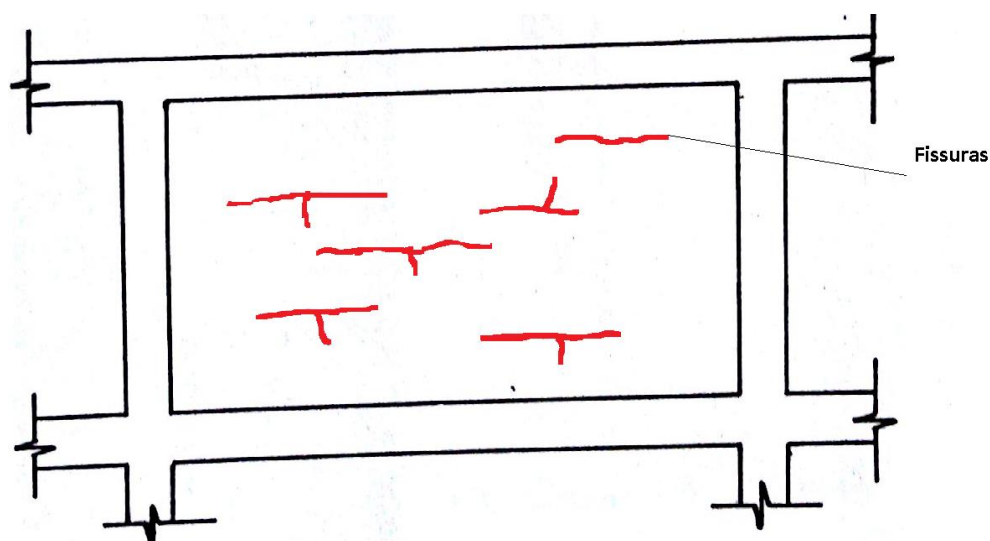


Fonte: Thomaz (1989) adaptado pelo autor

2.9.4.1 Fissuras causadas por expansão

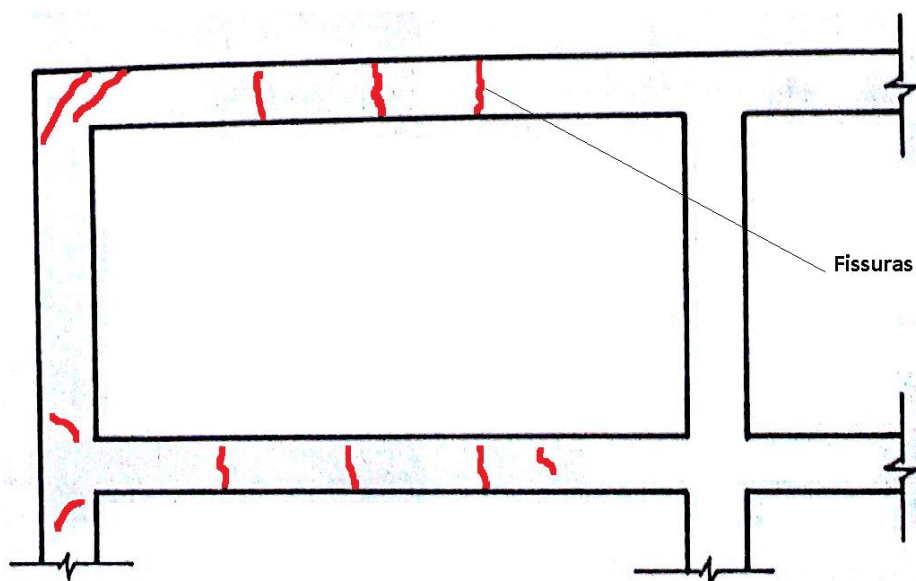
A expansão é aumento de volume, costuma acontecer em peças submersas, antes dela ocorrer nos deparamos com a retração química que devido a ações do fluxo de água e das tensões que atuam no corpo acaba sendo anulada, provocando assim a expansão do elemento. As mudanças hidroscópicas que causam a expansão (Figuras 29 e 30) (SILVA, 2013).

Figura 28 - Fissura horizontal devido à expansão dos blocos de alvenaria



Fonte: Thomaz (1989) adaptado pelo autor

Figura 29 - Fissura devido à expansão dos elementos estruturais



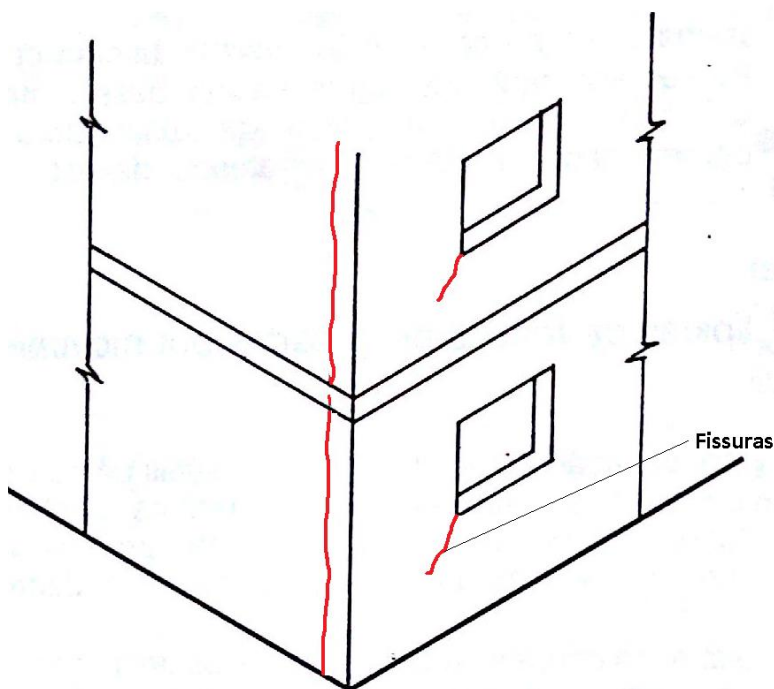
Fonte: Thomaz (1989) adaptado pelo autor

Os elementos de uma edificação sofrem variações devido as mudanças higroscópicas que podem gerar uma expansão no material devido ao aumento do teor de umidade, em contrapartida caso ocorra a diminuição do teor de umidade gera a contração desse material. As mudanças do teor de umidade podem gerar movimentos irreversíveis e os movimentos reversíveis. O movimento irreversível é aquele que ocorre na fabricação do material até que a

umidade higroscópica do material chegue no equilíbrio desejado. O movimento reversível é aquele que atua sobre o material, mas a sua variação volta ao normal sem que ocorram perdas (VALLE, 2008).

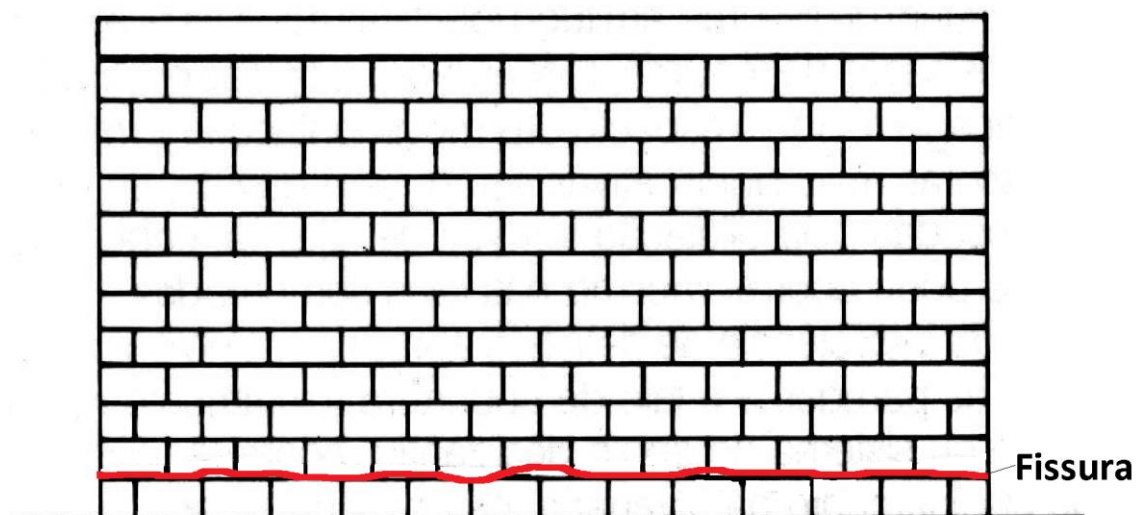
As fissuras geradas pela expansão são fissuras que possuem semelhanças com as fissuras provocadas pelas variações de temperatura, ou seja, a abertura diretamente ligada às propriedades dos materiais. No caso da Figura 31, os blocos foram assentados de forma linear e devido a atuações da umidade houve saturação da alvenaria, tanto da argamassa quanto dos blocos provocando destacamento entre as paredes. Já a Figura 32 apresenta uma fissura horizontal na base da alvenaria devido a expansão dos blocos inferiores, que são mais sujeitos a umidade, que os demais blocos da alvenaria.

Figura 30 - Fissura devido à expansão dos blocos e da argamassa



Fonte: Usuda (2004) adaptado pelo autor

Figura 31 - Fissura horizontal devido a expansão dos blocos e da argamassa na base das paredes



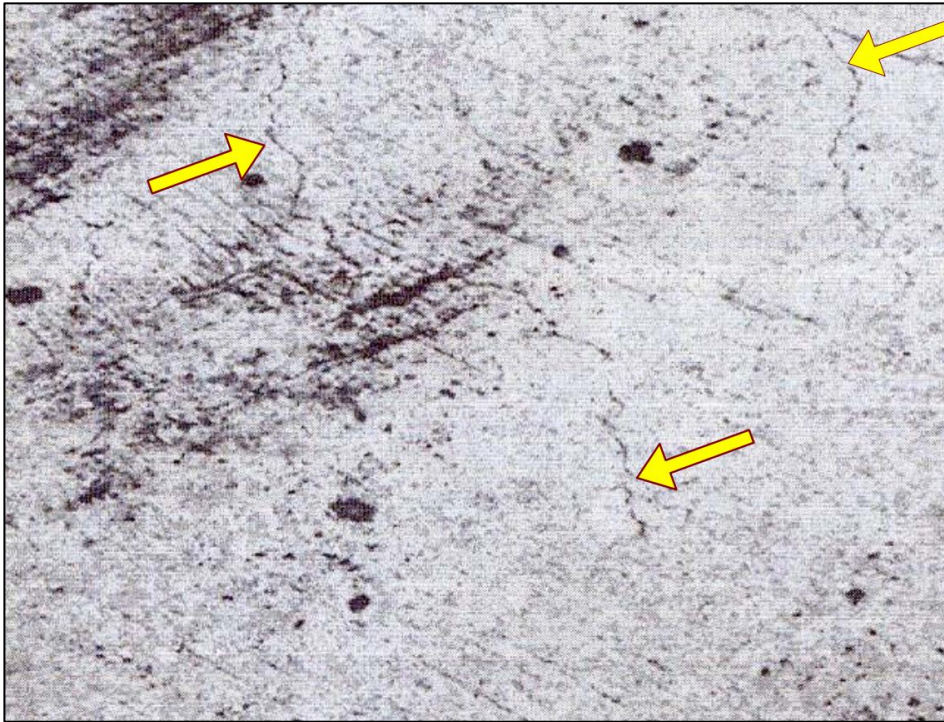
Fonte: Usuda (2004) adaptado pelo autor

2.9.5 Fissuras causadas por retração

A perda d'água no interior do concreto durante a construção de uma edificação pode ser chamada de retração, que é denominada como a diminuição de volume e seção que ocorre no concreto. Isso acontece devido às tensões mecânicas e de variações de temperatura (DUARTE, 1998).

A retração pode ser classificada como: retração plástica (Figura 32), quando o elemento sendo composto por cimento não corrobora com as ações de cargas externas e acaba gerando a perda de água na mistura em estado plástico, retração hidráulica, que é a perda de água simplesmente pela secagem, retração por carbonatação, ocorre devido a carbonatação da cal nas argamassas, retração química, que é a reação química de hidratação do cimento, e retração térmica (Figura 33) que seria o resfriamento brusco de elementos de concreto logo após sua cura (MAGALHÃES, 2004).

Figura 32 - Fissura decorrente a retração plástica em laje de concreto



Fonte: <<https://engciv.wordpress.com/2012/07/06/retracao-plastica-do-concreto-e-as-fissuras/>>

Figura 33 - Fissura decorrente a retração térmica em bloco de fundação



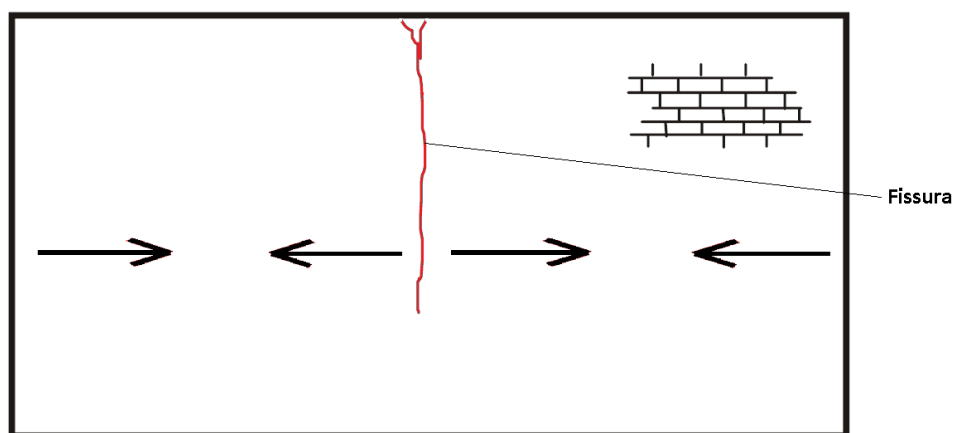
Fonte: Sousa, Silva e Castro (2014)

Segundo Duarte (1998) o estudo de retração das paredes de alvenarias, sendo de bloco de concreto, explica que o comprimento e altura da parede de alvenaria tem grande influência nas distribuições de tensões por retração. O autor ainda diz que Copeland (1957) propôs um método para o dimensionamento de muros de blocos de concreto, ou seja, quanto maior a relação comprimento e altura maior será a área sujeita a cargas de tração devido a retração. A retração e a dilatação são ações que caminham junto ao longo do tempo, mesmo que não ocorram as duas ao mesmo tempo.

2.9.5.1 Fissuras verticais na alvenaria causadas por retração

A fissura vertical, causada pela retração, é uma fissura que possui uma maior espessura no topo da alvenaria e vai diminuindo ao longo do seu comprimento até a base mais rígida. A Figura 34 mostra a configuração desse modelo de fissura causada pela retração de blocos de alvenaria, mais especificadamente blocos de concreto (VALLE, 2008).

Figura 34 - Fissura vertical em muro de alvenaria, causada por retração

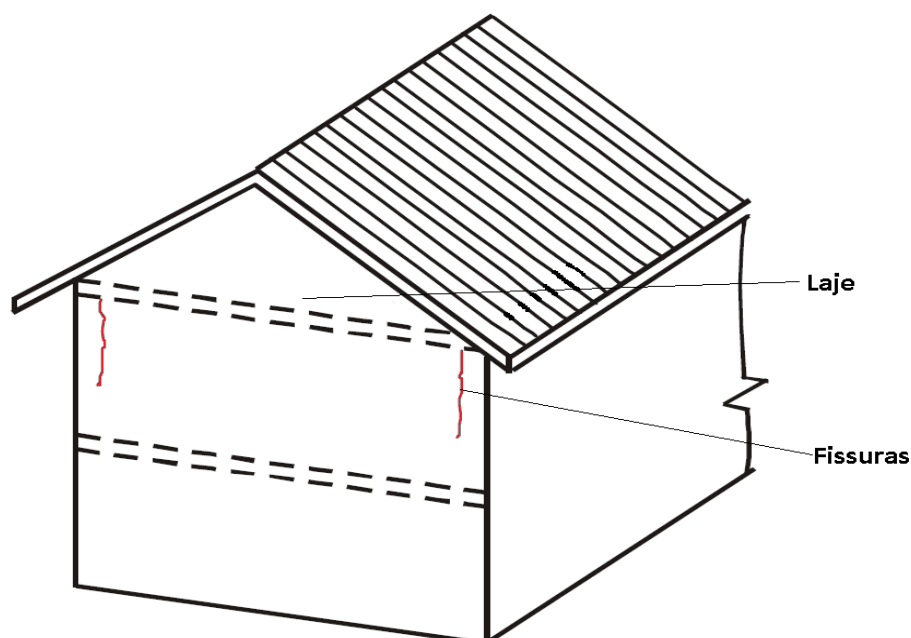


Fonte: Duarte (1998) adaptado pelo autor

Como as fissuras podem ser causadas também pela retração de elementos de concreto armado como a laje, seus componentes, aqueles que estão diretamente ligados à laje, podem sofrer variações distintas e não ocorrer o acompanhamento da sua retração. Isso corrobora para o surgimento de fissuras nas junções desses elementos como, lajes e vigas, vigas e alvenaria ou laje e alvenaria estrutural, que costuma acontecer nos últimos pavimentos de

uma edificação e depende diretamente das cargas geradas no interior dos elementos, como mostra a Figura 35. (MAGALHÃES, 2004).

Figura 35 - Fissura vertical nas extremidades da alvenaria, causada por retração

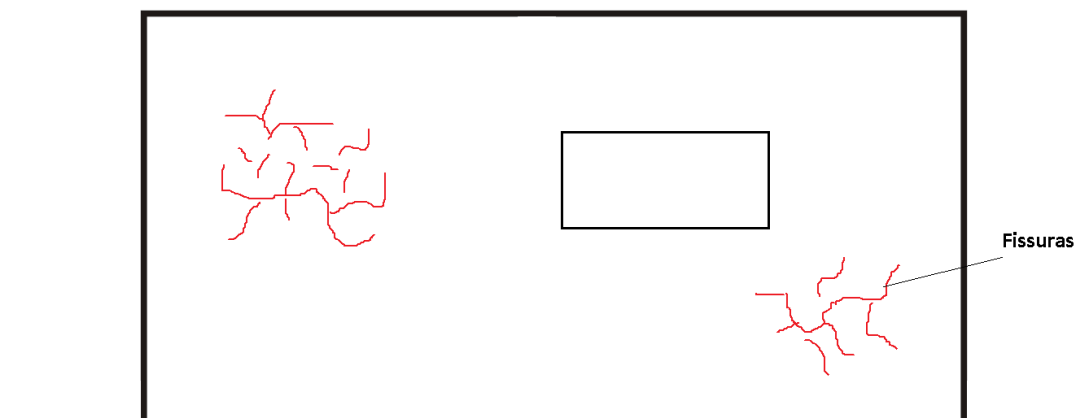


Fonte: Duarte (1998) adaptado pelo autor

2.9.5.2 Fissuras causadas por retração em revestimento

As fissuras podem surgir somente no revestimento. Isso ocorre devido à falta de cuidado por parte do executor do revestimento, que pode não seguir os critérios de cura para o revestimento fazendo com que ocorra a retração e o revestimento não adquira a resistência desejada. Essa fissura também pode ocorrer devido ao desempenho excessivo do revestimento. Esse tipo de fissura é conhecido vulgarmente como pé de galinha (Figura 36) (DUARTE, 1998).

Figura 36 - Fissura pé de galinha ocorre devido a retração do revestimento



Fonte: Duarte (1998) adaptado pelo autor

2.9.6 Fissuras causadas por reações químicas

De acordo com Zanzarini (2016) as fissuras que têm como causa as reações químicas costumam estar no sentido horizontal devido a expansão da argamassa que acaba ocorrendo pela alteração química dos materiais que constituem a própria argamassa com agentes externos.

Quimicamente os materiais da construção civil devem ser sempre estáveis, mas é comum conter sais em excesso nas juntas de argamassa que geram as reações expansivas e provocam fissuras. A expansão das juntas de argamassas devido a reação do cimento com sulfatos, a hidratação retardada das cales e hidratação dos agregados são as alterações químicas que se manifestam com relativa frequência (THOMAZ, 1989).

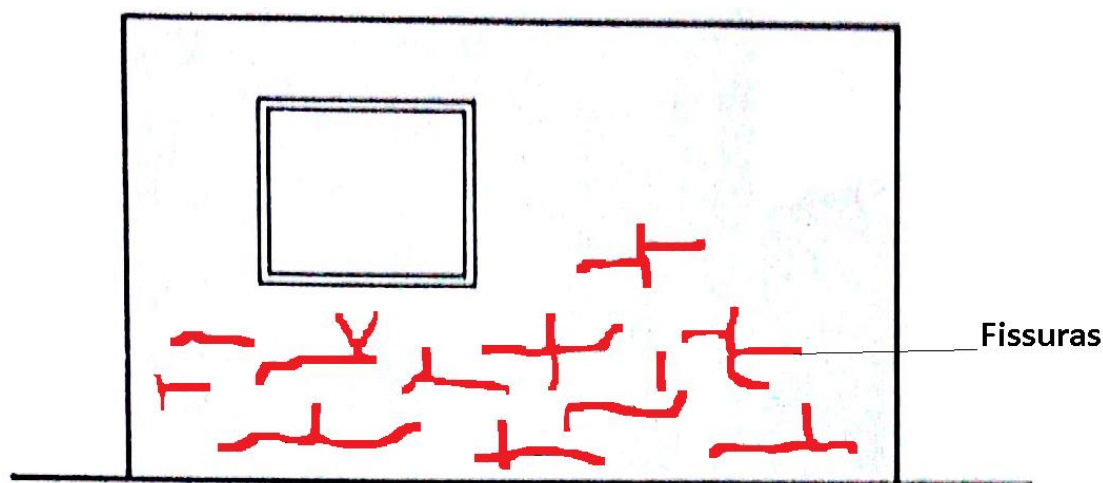
2.9.6.1 Fissuras causadas pela reação do cimento com sulfatos

O cimento possui o aluminato tricálcico que é um elemento que constituem os cimentos, esse elemento pode reagir com sulfatos e gerar a etringita, que é uma reação que ocorre uma grande expansão do material. Desse modo, para que ocorra a etringita é necessário a reação de três elementos, a água, o cimento e os sulfatos, devido a esse motivo é que não se recomenda a utilização de gesso na mistura do cimento (DUARTE, 1998)

A água pode ter acesso à edificação de diversas maneiras como, por meio da chuva, por meio do solo em elementos que não possuem uma boa impermeabilização, lavagem de ambientes, etc (ZANRARINI, 2016).

Esse tipo de fissura gerada pela expansão acaba gerando também a corrosão do aço dos elementos estruturais de uma edificação. Isso ocorre porque depois da expansão do material o aço fica exposto aos agentes agressivos externos. A fissura gerada por ataque de sulfatos (Figura 37) é semelhante as fissuras geradas por retração, por esse motivo que sempre deve haver um estudo adequado da fissura para saber a causa correta e propor a solução ideal (THOMAZ, 1989).

Figura 37 - Fissura causada por ataque de sulfatos



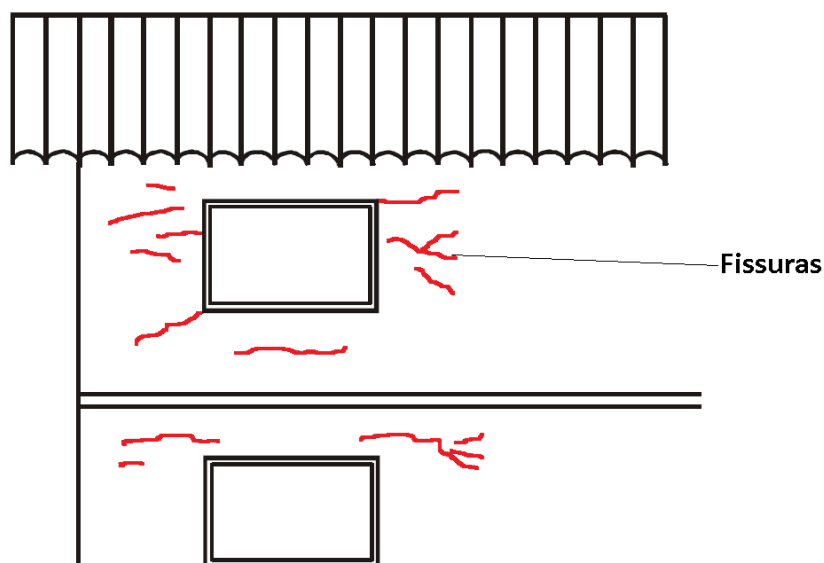
Fonte: Thomaz (1989) adaptado pelo autor

2.9.6.2 Fissuras causadas pela hidratação retardada de cales

As cales mal hidratadas podem conter elevados teores de óxidos livres, que são praticamente nulos quando se trata de cales bem hidratadas, que são propensos a absorção de água. Portanto, caso ocorra a umidificação desse elemento ocorrerá a expansão quase de 100%, fazendo com que o material perca todas suas características antes desejadas (THOMAZ, 1989).

Costuma acontecer mais em revestimento onde gera além das fissuras os destacamentos de revestimentos e desagregações e causa expansão da argamassa (Figura 38).

Figura 38 - Fissura causada por hidratação retardada de cales



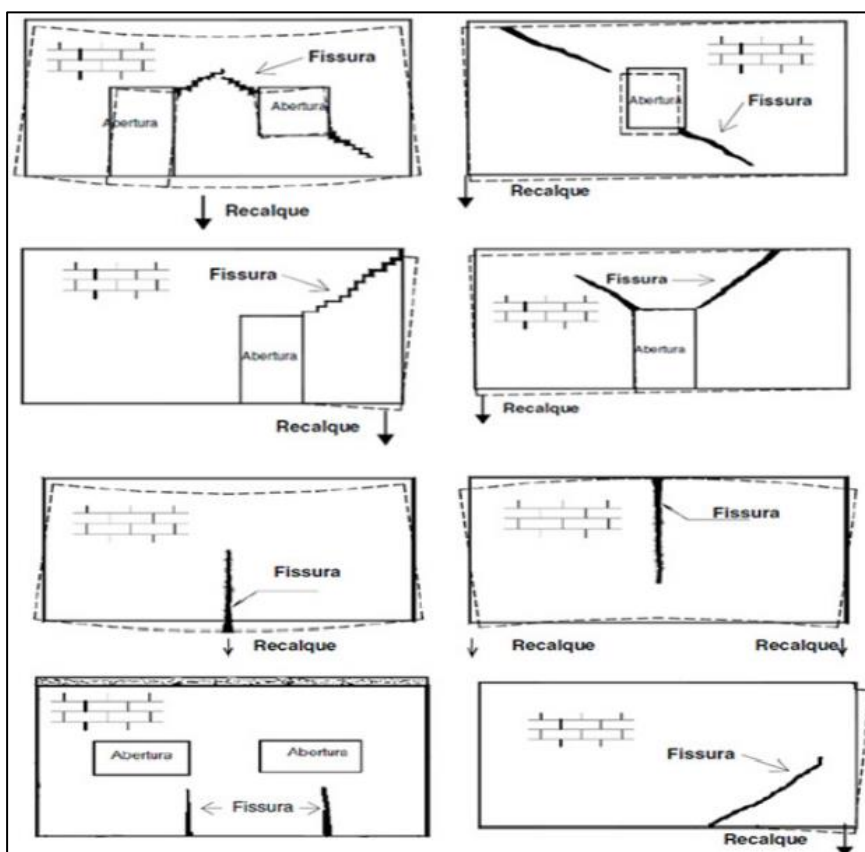
Fonte: Duarte (1998) adaptado pelo autor

2.9.7 Fissuras causadas por recalques de fundação

“Toda edificação, durante a obra ou mesmo após a sua conclusão, por um determinado período de tempo está sujeita a deslocamentos verticais, lentos, até que o equilíbrio entre o carregamento aplicado e o solo seja atingido” (SOUZA E RIPPER, 1998, pág. 49).

As fissuras nas alvenarias ocorrem devido a movimentações diferenciais nas fundações (Figura 39) que acabam gerando cargas diferenciadas nos elementos da alvenaria que por sua vez geram fissuras. Toda estrutura possui um período de tempo necessário para se estabilizar no solo, que caso não seja adequado para construção e não ter se realizado o estudo prévio de suas características ocorre a fissuração por recalque. Essas fissuras podem até inviabilizar o uso da edificação devido a insegurança e riscos, isso irá depender de sua espessura, comprimento e causa (THOMAZ, 1989).

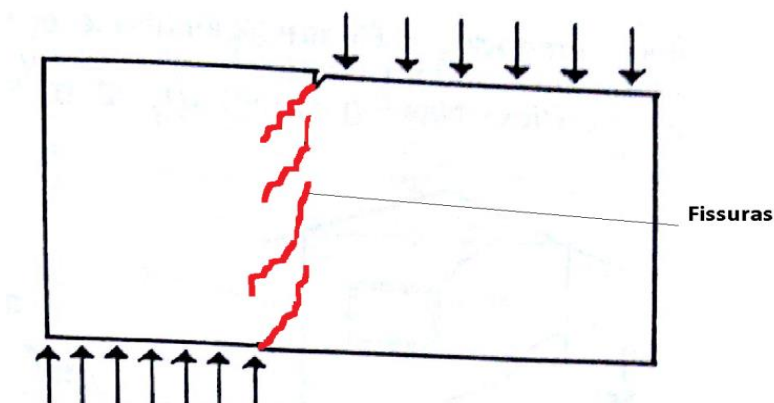
Figura 39 - Fissuras causada por movimentações diferenciais



Fonte: Silva (2013)

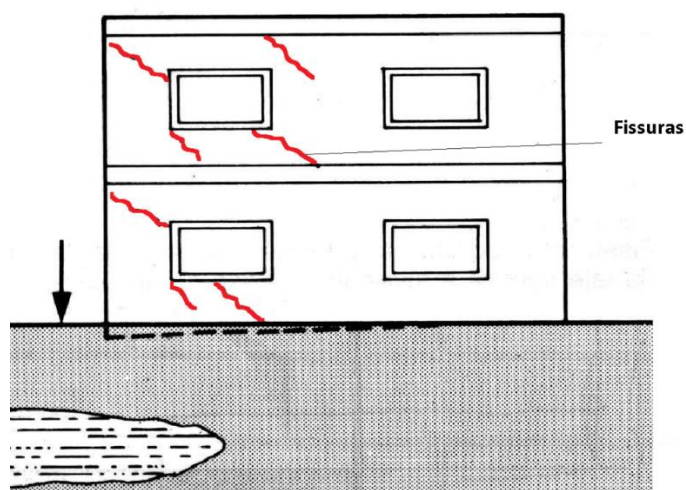
As causas das fissuras por recalque podem ser: carregamentos desbalanceados (Figura 40), carga de trabalho superior à carga admissível do solo, apoio em solo não adequado para o tipo de fundação, falta de homogeneidade do solo (Figura 41), rebaixamento do lençol freático (Figura 42) e a influência de edificações vizinhas (Figura 43).

Figura 40 - Fissuras causada por carregamentos desbalanceados



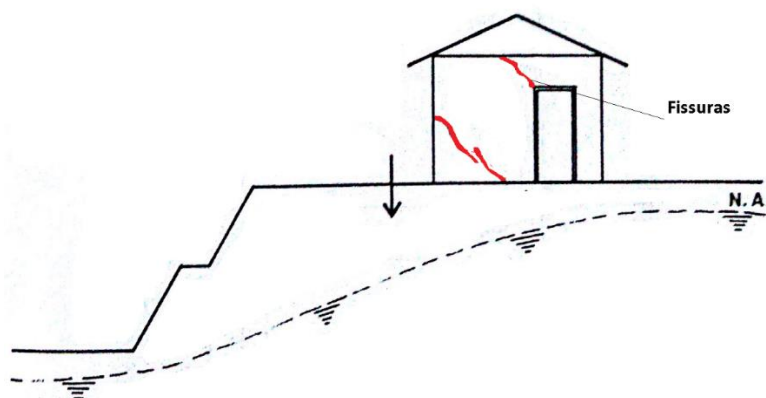
Fonte: Thomaz (1989) adaptado pelo autor

Figura 41 - Fissuras causada por recalque devido à falta de homogeneidade do solo



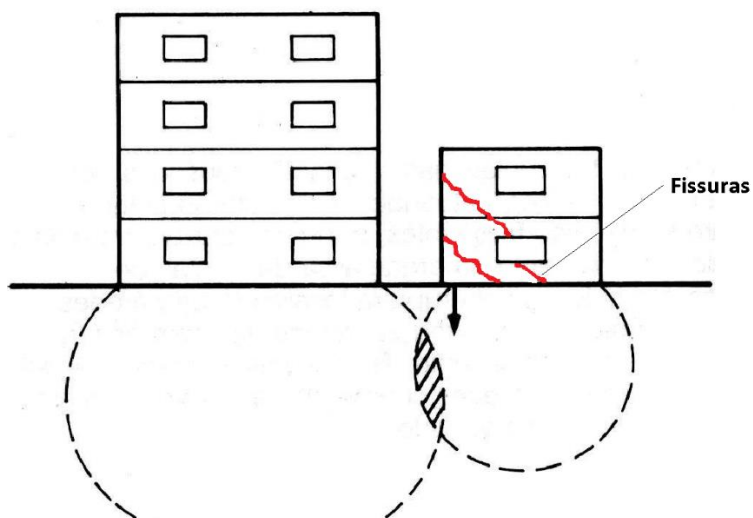
Fonte: Usuda (2004) adaptado pelo autor

Figura 42 - Fissuras causada por recalque devido rebaixamento do lençol freático



Fonte: Thomaz (1989) adaptado pelo autor

Figura 43 - Fissuras causada por recalque devido à influência de edificações vizinhas

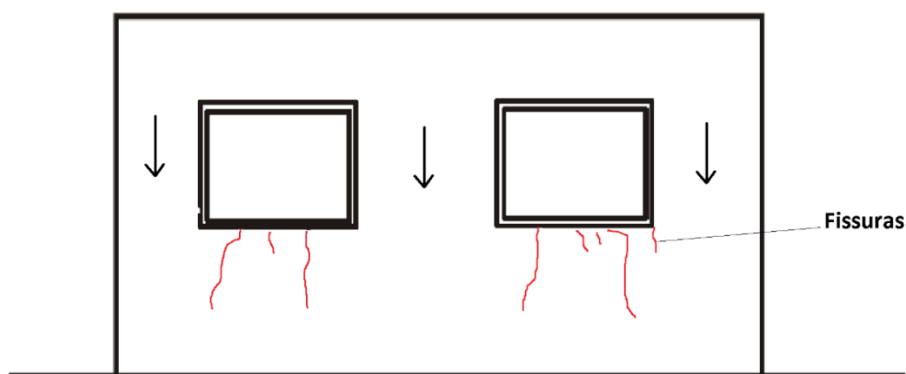


Fonte: Usuda (2004) adaptado pelo autor

Segundo Duarte (1998) é difícil a estimativa de recalques diferenciais e que os recalques totais são passíveis de estimativa por meio das características dos solos.

Alvenarias com aberturas transmitem cargas de compressão diferenciadas ao solo, isso porque ocorre nos peitoris a flexão negativa, como mostra a Figura 44 (Zanzarini, 2016).

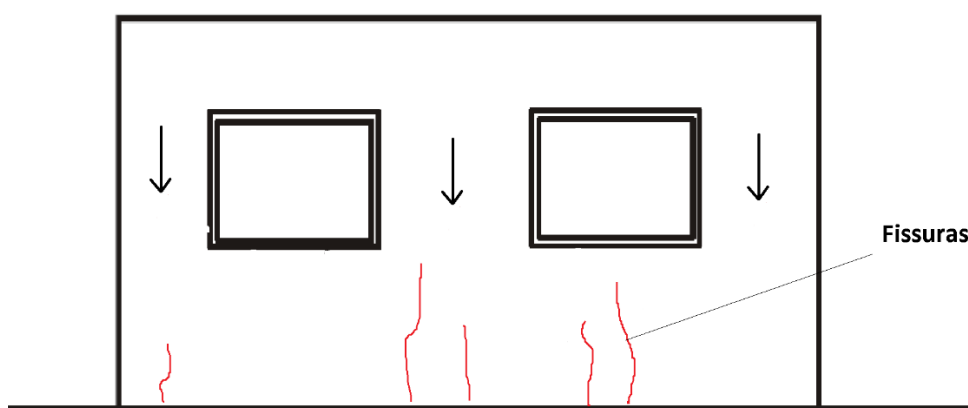
Figura 44 - Fissuras em peitoris causada por flexão negativa



Fonte: Duarte (1998) adaptado pelo autor

A Figura 45 mostra a configuração de uma fissura, devido ao recalque da base ou mal dimensionamento do elemento estrutural, gerada por distorção angular (Zanzarini, 2016).

Figura 45 - Fissuras causada por recalque da base

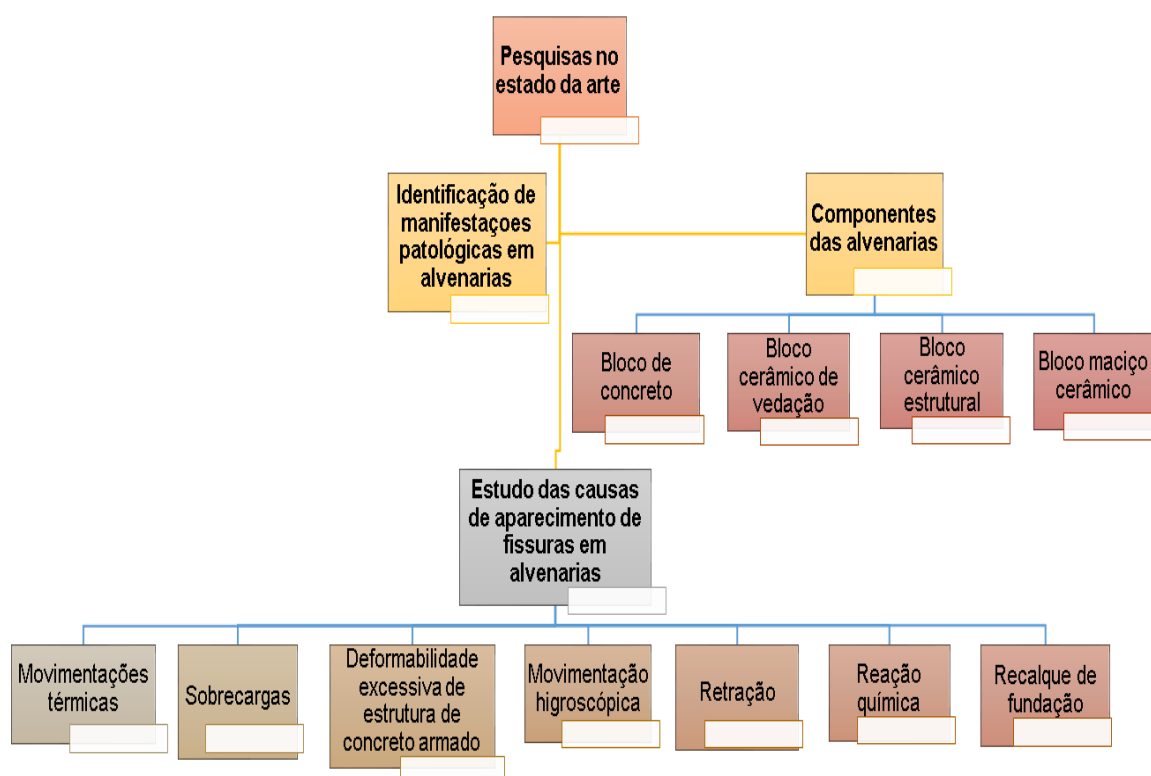


Fonte: Duarte (1998) adaptado pelo autor

3 METODOLOGIA

A princípio foi realizada uma pesquisa no estado da arte, gerando uma revisão bibliográfica acerca do tema manifestações patológicas. Foram utilizadas como fontes de pesquisa regulamentos, livros, artigos, monografias e sites da internet. Dessa forma, foram estudados os tipos de problemas patológicos existentes em alvenaria, os quais foram divididos em: movimentação térmica, sobrecargas, deformabilidade excessiva de estruturas de concreto armado, movimentação higroscópica, retração, reação química e recalque, conforme pode ser observado no fluxograma (Figura 46) abaixo.

Figura 46 - Fluxograma



Após a identificação das causas para o aparecimento de fissuras foram estudadas e representadas as tipologias de fissuras para cada causa apresentada, sendo estas divididas em fissuras horizontais, verticais e diagonais.

Em seguida, foi realizada a vistoria, realizando o registro fotográfico de todas as anomalias encontradas na edificação, bem como, o registro de campo das referidas manifestações patológicas.

Depois de realizada a vistoria, foram analisadas as anomalias e classificadas de acordo com o manual de fissuras anteriormente citado, de forma a classificar o tipo de anomalia encontrada na edificação estudada.

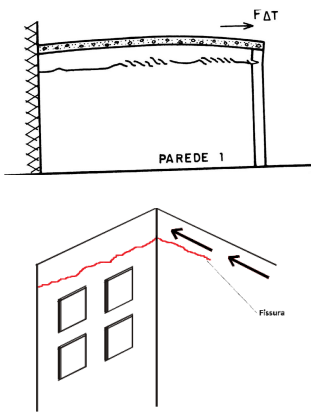
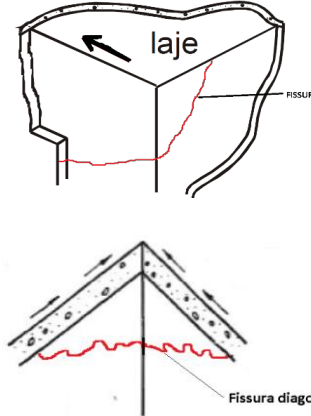
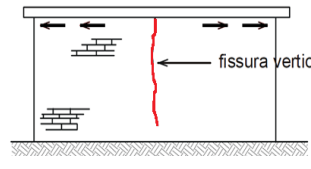
4 RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados referentes a tipologia e causas do aparecimento de fissuras em alvenarias.

4.1 Movimentação Térmica

Na Tabela 3 que com a tipologia das fissuras encontradas devido ao fenômeno de movimentação térmica.

Tabela 3- Movimentação térmica

1.0	MOVIMENTAÇÃO TÉRMICA	Representação Esquemática
1.1	Fissura horizontal causada por variação térmica das lajes	 <p>1</p> <p>2</p>
1.2	Fissura diagonal causada por variação térmica da laje de cobertura	 <p>3</p> <p>4</p>
1.3	Fissura vertical causada por variação térmica da laje	 <p>5</p>

Fonte: 1-Thomaz(1989) , 2- Thomaz(1989), 3-Silva(2013), 4-Duarte(1998), 5-Duarte(1998)

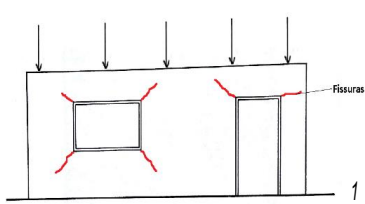
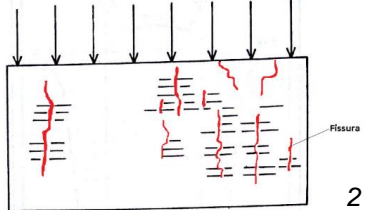
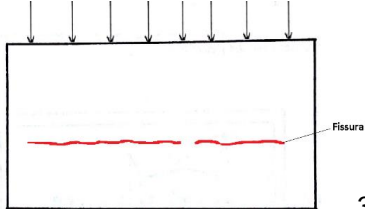
Observa-se por meio da Tabela 3, que as fissuras decorrentes da movimentação térmica podem ser encontradas na horizontal, diagonal ou vertical.

As fissuras originadas pela movimentação da laje são mais frequentes em alvenarias portantes. Neste caso, podem ser originadas pela ausência de junta deslizante (junta existente no apoio entre a laje e a alvenaria estrutural), ou da cinta de respaldo (ou cinta de amarração), utilizada para permitir que os elementos trabalhem em conjunto com maior solidez.

4.2 Sobrecargas

Na Tabela 4 que apresenta a tipologia das fissuras encontradas decorrentes de sobrecargas.

Tabela 4-Sobrecargas

2.0	SOBRECARGAS	Representação Esquemática
2.1	Fissuras diagonais em aberturas causadas pela atuação de sobrecargas	
2.2	Fissuras verticais causadas pela atuação de sobrecargas	
2.3	Fissuras horizontais causada spela atuação de sobrecargas	

Fonte: 1-Silva(2013), 2-Thomaz(1989) , 3- Thomaz(1989)

Observa-se por meio da tabela acima que para o caso de sobrecargas a tipologia das fissuras podem ser horizontais, verticais ou diagonais.

De acordo com Thomaz (1989) as fissuras verticais são originadas devido a sobrecarga excessiva gerar esforços de compressão axial, que por sua vez,

geram esforços de tração na face dos elementos de alvenaria, dando origem as fissuras verticais.

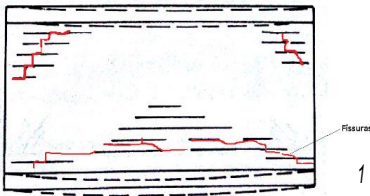
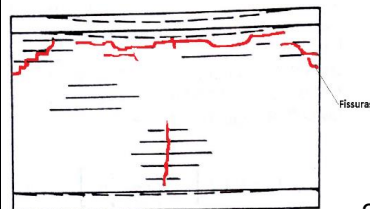
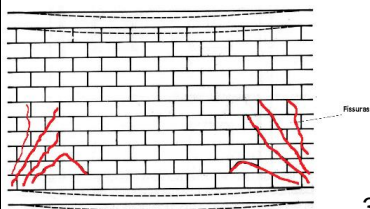
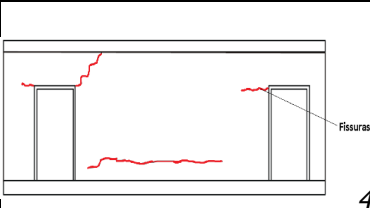
No caso das fissuras horizontais, elas são originadas pela ruptura por compressão dos seus componentes. Dessa forma, está relacionada a qualidade e resistência dos materiais empregados.

Já as fissuras em diagonal podem ocorrer devido a ausência de verga e/ou contraverga ou rigidez insuficientes desses elementos.

4.3 Deformabilidade Excessiva de Estrutura de Concreto Armado

Na Tabela 5 que apresenta a tipologia das fissuras encontradas decorrente a deformabilidade excessiva de estrutura de concreto armado.

Tabela 5 - Deformabilidade excessiva de estrutura de concreto armado

3.0	DEFORMABILIDADE EXCESSIVA DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO	Representação Esquemática
3.1	Fissuras devido a deformação do elemento de apoio	
3.2	Fissuras devido a deformação do elemento superior	
3.3	Fissuras devido a deformação dos elemento de apoio e superior	
3.4	Fissuras devido a deformação do elemento com presença de aberturas	

Fonte: 1-Thomaz (1989), 2- Thomaz (1989), 3-Usuda (2004), 4-Silva (2013)

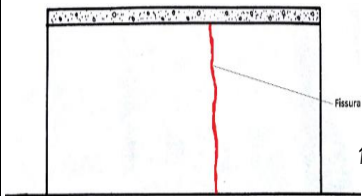
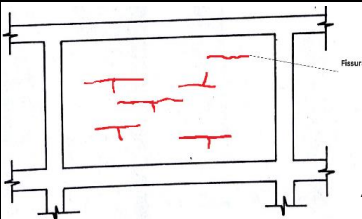
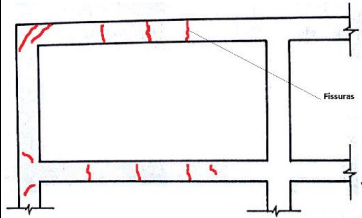
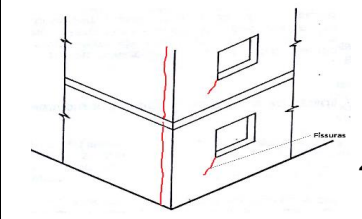
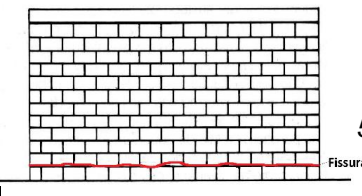
Observa-se por meio da tabela 5 que as fissuras decorrentes de deformabilidade excessiva de estruturas de concreto podem ocorrer na horizontal, vertical ou diagonal.

Destaca-se que as tipologias de fissuras apresentadas na tabela acima são originadas para alvenarias de vedação.

4.4 Movimentações Higroscópicas

Na Tabela 6 que apresenta a tipologia das fissuras encontradas decorrentes de manifestações higroscópicas.

Tabela 6 - Movimentações hidroscópica

4.0	MOVIMENTAÇÕES HIGROSCÓPICAS	Representação Esquemática
A	Fissuras devido movimentação higroscópica de tijolos solo-cimento	 1
4.1	Fissura devido a expansão dos blocos de alvenaria	 2
A	Fissuras devido a expansão dos elementos estruturais	 3
B	Fissuras devido a expansão dos blocos e da argamassa	 4
C	Fissuras horizontal devido a expansão dos blocos e da argamassa na base da parede de alvenaria	 5

Fonte: 1-Thomaz (1989), 2- Thomaz (1989), 3- Thomaz (1989), 4-Usuda (2004), 5-Usuda (2004)

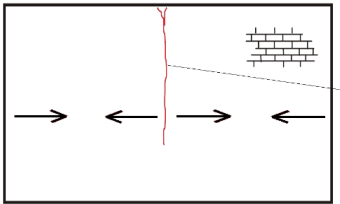
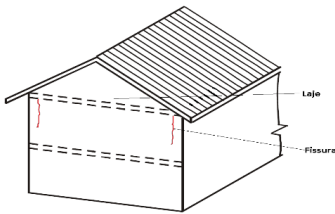
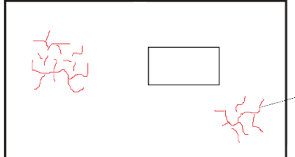
Observa-se por meio da tabela 6 que as fissuras decorrentes de movimentações higroscópicas podem ocorrer nos seguintes sentidos: horizontal, vertical ou diagonal.

Segundo Lersch (2003) a higroscopia é a propriedade que certos materiais possuem de absorver água, seja por reações químicas ou reações físicas. Esses materiais são responsáveis pelas eflorescências e criptoefflorescências, que são manifestações patológicas.

4.5 Retração

Na Tabela 7 que apresenta a tipologia das fissuras encontradas devido ao fenômeno da retração.

Tabela 7 - Retração

5.0	RETRAÇÃO	Representação Esquemática
5.1	Fissura vertical em muro de alvenaria causada pela retração	
A	Fissuras vertical nas extremidades da alvenaria causada pela retração	
5.2	Fissuras causadas por retração em revestimento	

Fonte: 1-Duarte (1998), 2-Duarte (1998), 3-Duarte (1998)

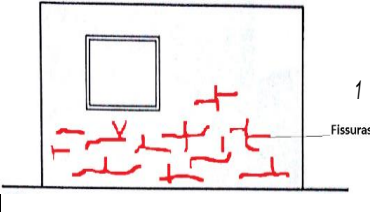
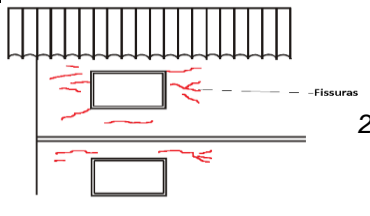
Observa-se por meio da Tabela 7 que as configurações das fissuras devido a retração são: fissuras verticais e diagonais (em formato pé de galinha).

Segundo Duarte (1998) o estudo de retração das paredes de alvenarias, sendo de bloco de concreto, explica que o comprimento e altura da parede de alvenaria tem grande influência nas distribuições de tensões por retração.

4.6 Reações Químicas

Na Tabela 8 que apresenta a tipologia das fissuras encontradas devido a reações químicas.

Tabela 8 - Reação química

6.0	REAÇÃO QUÍMICA	Representação Esquemática
6.1	Fissura causada pelo ataque de sulfatos	
6.2	Fissuras causada pela hidratação retardada de cales	

Fonte: 1-Thomaz (1989), 2-Duarte (1998)

Observa-se na Tabela 8 que as fissuras decorrentes das reações químicas podem ocorrer em configurações distintas pois está diretamente ligada ao grau da reação que ocorre entre o cimento e os sulfatos.

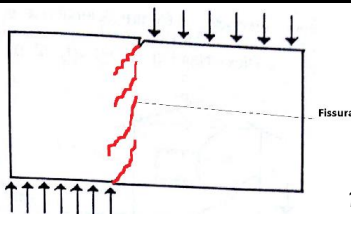
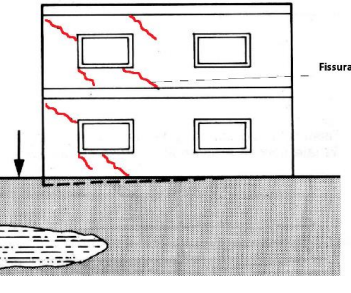
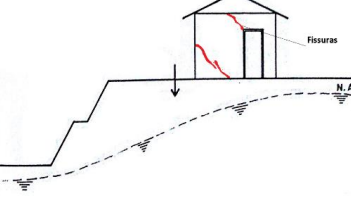
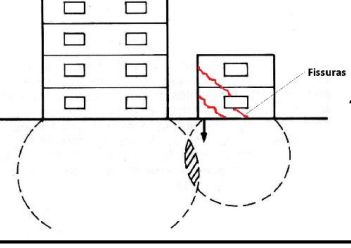
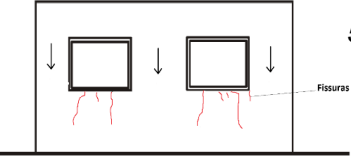
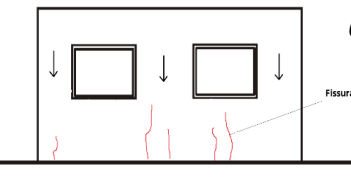
Segundo Duarte (1998) ocorre a expansão das juntas de argamassas devido a reação do cimento com sulfatos.

4.7 Recalques de Fundação

Na Tabela 9 que apresenta a tipologia das fissuras encontradas decorrente de recalques de fundação.

Observa-se na tabela que a maior parte das configurações típicas relacionadas à recalque ocorrem no sentido diagonal, isso ocorre devido a adequação do solo em relação as cargas geradas pela edificação. Além disso, o solo pode estar disposto com características diferentes fazendo com parte da estrutura ceda em um solo menos resistente e a outra parte não se mova, gerando assim as fissuras, trincas ou até mesmo rachaduras.

Tabela 9 – Recalque

7.0	RECALQUE	Representação Esquemática
A	Fissura causada por carregamentos desbalanceados	
B	Fissura causada pela falta de homogeneidade do solo	
C	Fissura causada por rebaixamento do lençol freático	
D	Fissura causada por influência de edificações vizinhas	
E	Fissura causada por flexão negativa em paredes de alvenarias com aberturas	
F	Fissura causada por requalque da base em paredes de alvenarias com aberturas	

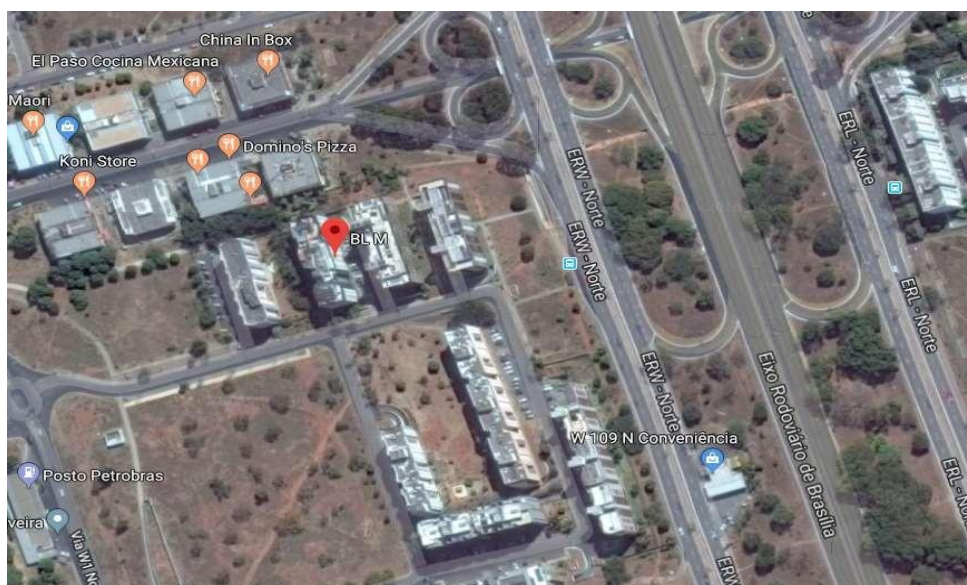
Fonte: 1-Thomaz (1989), 2-Usuda (1998), 3-Thomaz (1989), 4-Usuda (1998), 5-Duarte (1998), 6-Duarte (1998)

5 ESTUDO DE CASO

5.1 Características do Local de Estudo

O edifício residencial analisado, situado em Brasília – DF (Figura 47 e Figura 48), possui 6 pavimentos, totalizando quarenta e dois apartamentos, estrutura de concreto armado convencional, fachada mista com pintura e pastilhas.

Figura 47 - Localização da edificação em estudo



Fonte: Google Maps, 2018

Figura 48 - Fachada da edificação



Fonte: Google Maps, 2018

5.2 Apresentação e Análise dos Resultados

A seguir serão apresentadas as manifestações patológicas encontradas, referente apenas a fissurações, na vistoria da edificação, de forma a apontar suas prováveis causas de acordo com o manual de fissuras. Para facilitar o entendimento, as anomalias serão apresentadas de acordo com o pavimento analisado.

5.2.1 Garagem

Foi encontrada fissura ao lado do extintor de incêndio (Figura 49). De acordo com o manual de fissura trata-se previamente de uma fissura causada pela expansão do elemento estrutural, somado a isso, provavelmente não foi realizada de forma correta a amarração do pilar com a alvenaria, causando assim movimentação distintas entre elas ocorrendo o surgimento de fissuras.

Figura 49 - Trinca na alvenaria da garagem



Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.2 Térreo

Foi encontrada fissura no canto da parede externa do térreo (Figura 50). De acordo com o manual de fissura trata-se previamente de uma fissura causada pela expansão da argamassa podendo ocorrer o destacamento das cerâmicas, vindo a ocorrer devido a fatores térmicos.

Figura 50 - Deslocamento dos azulejos



Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.3 1º Pavimento

Foi encontrada fissura próxima a esquadria (Figura 51). De acordo com o manual de fissura trata-se previamente de uma fissura causada pela concentração de tensões na quina da abertura da janela, somado a isso, a não utilização de contraverga em abertura.

Figura 51 - Fissura em abertura de janela



Fonte: Elaborado pelo autor

Já a Figura 52 apresenta uma fissura próxima a junta de dilatação. Essa anomalia acontece devido a um erro de posicionamento da junta de dilatação, sendo essa uma

classificação prévia necessitando de mais estudos para confirmação.

Figura 52 - Fissura ao lado da junta de dilatação



Fonte: Elaborado pelo autor

Foi identificada uma fissura próxima à uma abertura da porta (Figura 53). De acordo com o manual de fissura trata-se previamente de uma fissura causada pela deformabilidade do elemento com presença de aberturas ou devido ao mal dimensionamento ou ausência de verga.

Figura 53 - Fissura em abertura



Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com o manual de fissura a Figura 54 apresenta uma configuração de fissura horizontal em uma escada que é causada pela atuação de sobrecargas.

Figura 54 - Fissura em alvenaria



Fonte: Elaborado pelo autor

5.2.4 2º Pavimento

Foi encontrada fissura próxima a esquadria (Figura 55). De acordo com o manual de fissura trata-se previamente de uma fissura causada pela concentração de tensões na quina da abertura da janela, somado a isso, a não utilização de contraverga em abertura. Essa mesma configuração de fissura é localizada até o 6º pavimento da edificação. Devido a grande quantidade de trincas similares deve ocorrer um estudo técnico para verificar a possibilidade de ser recalque de fundação mesmo que este recalque seja pequeno para melhor segurança.

Figura 55- Fissura próxima a esquadria



Fonte: Elaborado pelo autor

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Conclusão

O aparecimento de fissuras em alvenarias pode ser considerado uma das manifestações patológicas mais presentes em edificações. Dessa forma, deve-se conferir certa atenção a essa anomalia, pois além de poder representar um desconforto ao usuário pode ser um sinal da existência de problemas estruturais. O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise das tipologias de fissuras mais recorrentes, para melhorar os diagnósticos das fissuras encontradas em alvenarias de edificações.

Nesse sentido a utilização do manual de fissuras permite aos técnicos da área de engenharia civil um auxílio na identificação da causa do aparecimento das fissuras. Além disso, diminui o tempo de análise para identificação e classificação da fissura. Vale ressaltar que as configurações típicas de tipologia das fissuras apresentadas neste trabalho podem não ocorrer, pois o seu aparecimento depende da combinação de variáveis como a dimensão da estrutura, propriedades dos materiais, presença de aberturas existentes na alvenaria, grau de aderência entre alvenaria e estrutura, entre outros. Porém, em grande parte dos casos, elas ocorrem de acordo com as configurações apresentadas. Destaca-se a importância de um profissional habilitado e experiente para o correto diagnóstico das fissuras encontradas.

6.2 Sugestões para pesquisas futuras

Sugere-se para o desenvolvimento de futuros trabalhos:

- Apresentar a importância da realização de um sistema de gestão de manutenção para a preservação da vida útil das edificações.
- Propor soluções para tratamento de cada tipologia de fissura apresentada.
- Propor recomendações para evitar o aparecimento de fissuras em alvenarias.
- Realização de estudo de caso em diferentes obras para apontar qual a causa mais recorrente de fissuras nos empreendimentos analisados.

7 REFERÊNCIAS

AMBROSIO, Thais da Silva. **Patologia, tratamento e reforço de estruturas de concreto no metrô de São Paulo**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118 **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6136 **Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural**. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7170 **Tijolo maciço cerâmico para alvenaria**. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 115270-1: **Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação- Terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: **Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais - Referências - Elaboração**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931 - **Execução de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de edificações habitacionais: Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575: 2013**. 2ª ed. Brasília, Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CREMONINI, Ruy Alberto. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares da região de Porto Alegre: Recomendação para projeto, execução e manutenção**. Porto Alegre, 1988. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/>>. Acesso em: 10 de setembro de 2018.

DUARTE, R.B. **Fissuras em alvenaria: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação**. Porto Alegre, 1998. CIENTEC – Boletim técnico n.25.

HELENE, Paulo R. Do Lago. **Manual de reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2ª ed. – São Paulo: PINI, 1992.

IBRACON. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1ªed: Volume 2. São Paulo: Ibracon, 2011.

KAZMIERCZAK, C. S. **Desempenho de alvenarias de materiais cerâmicos à penetração de água da chuva: uma análise de fatores condicionantes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.

LANÇA, Thabita. **Trincas nas edificações: uma revisão prática baseada no processo de causa x efeito**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas gerais, 2014.

LERSCH, Inês Martina. **Contribuição para a Identificação dos Principais Fatores e Mecanismos de Degradação em Edificações do Patrimônio Cultural de Porto Alegre**. 180p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFRGS, Porto Alegre, 2003.

LOTTERMANN, André Fonseca. **Patologias em estruturas de concreto: estudo de caso**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2013.

MASSETTO, L. T.; SABBATINI, F. H. **Estudo comparativo da resistência das alvenarias de vedação de blocos utilizadas na região de São Paulo**. In: Congresso Latino-americano em tecnologia e gestão na produção de edifícios, soluções para o terceiro milênio, São Paulo. EPUSP, 1998.

MOLITERNO, A. **Caderno de estruturas em alvenaria e concreto simples**. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

OLIVEIRA, Alexandre Magno. **Fissuras e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. 96f. Monografia (Especialização em Gestão

em Avaliações e Perícias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

SABATINI, F. H **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico-calcária**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 1984.

SILVA, Leandro Bernardo. **Patologias em alvenarias estrutural: causas e diagnóstico**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de fora, 2013.

SOUZA, Vicente Custódio de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ªed. São Paulo, pini, 1998.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: Causas, prevenção e recuperação**. 1ª ed. São Paulo, Pini, 1989.

USUDA, Fábio. **Técnicas construtivas especiais – Alvenaria estrutural**. Faculdade de Engenharia de Sorocaba. São Paulo, Facens, 2004.

ZANZARINI, José Carlos. **Análise das causas e recuperação de fissuras em edificação residencial em alvenaria estrutural – Estudo de caso**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2016.